PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

vereinigt mit dem

JAHRBUCH DER RADIOAKTIVITÄT UND ELEKTRONIK

Nr. 19 — 1. Oktober 1940 — Redaktionsschluß für Nr. 21 am 15. Oktober 1940 — 41. Jahrgang

INHALT:

F. Paschen, Nachruf für Heinrich Kayser S. 429.

Abhandlungen:

A. Scheibe und U. Adelsberger, Normalfrequenz-Aussendung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über den Deutschlandsender werktäglich 10 h 50 min für September 1940. S. 434.

H. Salow, Über die Winkelabhängigkeit der Sekundärelektronenemission von Isolatoren. S. 434.

H. Littmann, Die Messung des Brechungsvermögens absorbierender Flüssigkeiten. S. 442.

Besprechungen:

L. Fink, Photographische Meßtechnik. S. 447.

W. Gentner, H. Maier-Leibnitz, W. Bothe, „Atlas typischer Nebelkammerbilder" mit Einführung in die Wilsonsche Methode. S. 447.

R. W. Pohl, Einführung in die Optik. S. 448.

W. Volkmann, Elemente physikalischer Experimentierkunst. S. 449.

Vorlesungsverzeichnis für das 3. Trimester 1940: S. 449.

Nachrichten. S. 450.

Gesuche. S. 450.

Heinrich Kayser †

Am 14. Oktober 1940 starb in Bonn a. Rh. der Nestor der Deutschen Physiker Heinrich Kayser, in der ganzen wissenschaftlichen Welt wohlbekannt als einer der bedeutendsten Förderer der Spektralanalyse.

Geboren am 16. März 1853 zu Bingen a. Rh., studierte 1873–79 in Straßburg i. E., München und Berlin, wurde 1878 Assistent am Berliner Physikalischen Universitäts-Institut, promovierte 1879 mit einer von A. Kundt angeregten Arbeit über Schallgeschwindigkeit in Berlin, habilitierte sich 1881 als Privatdozent an der Berliner Universität, wurde 1885 auf Empfehlung durch v. Helmholtz zum o. Professor an die Technische Hochschule zu Hannover berufen und siedelte 1894 als Nachfolger von Heinrich Hertz über an die Universität Bonn a. Rh. 1920 wurde Kayser emeritiert. Er arbeitete indessen literarisch weiter bis wenige Jahre vor seinem Ableben. Als Physiker ist er beeinflußt durch A. Kundt in Straßburg und durch v. Helmholtz in Berlin und hat von ersterem die Begeisterung für die Wissenschaft, von letzterem die Exaktheit in der Behandlung aller wissenschaftlichen Fragen empfangen, die seiner eigenen Natur durchaus entsprach.

Kayser war Dr. jur. c. h. und Ehrendoktor St. Andrews, Mitglied des Roy. Inst. und der Roy. Soc. London, der Akademie St. Petersburg, Lund, Holl. Ak. Haarlem, der Soc. degli Spettroscopisti Italiani.

Kaysers wissenschaftliche Tätigkeit ist gekennzeichnet durch rastlose experimentelle und besonders literarische Arbeit für die Spektralanalyse. Aus seiner Assistentenzeit in Berlin rührt das erste Buch Kaysers über Spektralanalyse (erschienen 1883 bei Springer in Berlin). Es ist ein Referat seiner ersten Studien über die Grundlagen der Spektralanalyse und über die von ihm gelesene und kritisch bearbeitete Literatur. Kaysers experimentelle Arbeiten in Berlin und auch anfangs in Hannover betreffen noch andere Gegenstände, besonders die Schallgeschwindigkeit. Aber in Hannover trifft er den Mathematiker Carl Runge, der, lebhaft interessiert für alles Neue in Physik und Astronomie, ihn auf die Entdeckung J. J. Balmers aufmerksam macht, die einfache Zahlenverhältnisse in den Wellenlängen der Spektrallinien des Wasserstoffes aufdeckte. Runge erhält von Kayser Literaturnachweise und glaubt, ähnliche Beziehungen in den Spektren anderer Elemente aufweisen zu können, findet aber Schwierigkeiten infolge der Ungenauigkeit der Literaturangaben (1888 vor der British Association vorgetragen). Beide beschließen, selber genaue

Experimente anzustellen, um nach Balmerschen Gesetzen in anderen Spektren zu suchen. Nun beginnt eine damals für ein einfaches Deutsches Laboratorium einzigartige Experimentierarbeit mit den mächtigsten Apparaten jener Zeit. Das nötige Geld gab teils die Berliner Akademie der Wissenschaften, nicht zum wenigsten opferten es die beiden Forscher aus eigener Tasche. Der wichtigste Apparat war ein Rowlandsches Konkavgitter größter Art von $6^1/_2$ m Krümmungsradius, aufgestellt in einem früheren Hörsaale nach dem von Rowland gegebenen Prinzip (fahrbarer Schlitten für Gitter und Kamera längs zweier rechtwinkliger Schienen zur Innenhaltung des Rowlandschen Kreises der Linienschärfe). Dieser Bau rührte von Kayser her, während Runge die Theorie der Abbildung des Konkavgitters und besonders die der praktischen Justierungen bei der angewandten Aufstellung entwickelte (später veröffentlicht in Kaysers Handbuch, Bd. I, § 437–452). Die Versuche waren recht mühsam. Eine Einstellung des Schlittens gab nur ein kleines Spektralgebiet. Jede Änderung der Schlittenstellung erforderte langwierige Nachjustierungen, da die ganze Anordnung nicht genügend stabil war (später aufgegeben: von Kayser zugunsten der Abneyschen Anordnung, von Runge und Paschen durch eine feste und unveränderliche ersetzt). Den ewigen Justierungen mußte sehr viel mehr Arbeit und Zeit gewidmet werden als den eigentlichen Aufnahmen. Mit bewundernswerter Geduld unterwarf sich Kayser dieser mühsamen Arbeit.

Die Ergebnisse der Arbeiten Kaysers und Runges sind veröffentlicht 1888–93 in 9 von der Berliner Akademie der Wissenschaften angenommenen und in deren „Abhandlungen" gedruckten Schriften: „Über die Spektren der Elemente" (zum Teil auch in Wied. Ann. abgedruckt). Diese Werke sind weltbekannt und weltberühmt geworden: Zum ersten Male werden die Wellenlängen in den Bogenspektren der Alkalien, der Erdalkalien, der Erdmetalle usw. systematisch genau gemessen. An den Wellenlängen werden die Gesetze der gleichen Schwingungsdifferenzen und der Serien diskutiert und mit einer Genauigkeit von $^1/_{100}$–$^1/_{10}$ ÅE, d. h. etwa 20mal genauer als nach bisherigen Messungen festgestellt. Die Erfolge sind ermöglicht durch eine Reihe von langwierigen und mühsamen Vor- und Nebenarbeiten, die ganz Kaysers Verdienst sind und sich beziehen erstens auf Normallängen. Dazu wird über 1 Jahr lang das Eisenspektrum exakt gegen damalige Normalen (noch Rowlands ÅE) gemessen. Zweitens betreffen die Nebenarbeiten die Ausmerzung von Verunreinigungen. Dazu werden in einer zweiten Arbeit Kohlebanden genau ausgemessen. Der Wert der Tabellen, welche die Bogenspektren der Elemente wiedergaben, lag in der gleichmäßigen Genauigkeit der Zahlen, die wohl 30 Jahre unübertroffen blieb, vor allem aber in der weitgehenden Unterdrückung von Verunreinigungen, erreicht durch eine ungeheure Kleinarbeit Kayserscher Art. Diese Arbeiten bilden für alle nachfolgenden Spektroskopiker bis heute ein mustergültiges Vorbild. Manche spätere Arbeit enthält nicht die Genauigkeit der Zahlen und nicht die Reinheit der Linien, durch die sich Kaysers und Runges Spektren auszeichnen. Auch die abgeleiteten Gesetze müssen als hervorragendes Verdienst der Forscher gewertet werden, obwohl die spätere Forschung auf dem Gebiete der Spektralgesetze den Namen J. R. Rydberg voranstellt. Rydberg hat aus älteren Messungen eine physikalisch deutbare und für den theoretischen Fortschritt daher fruchtbare Form des Seriengesetzes abgeleitet, aber zu der experimentellen Erforschung nichts beigetragen, während Kayser und Runge eine abgebrochene Reihenentwicklung, also eine Interpolationsformel benutzten. Es muß vor allem betont werden, daß Rydbergs Forschungen, die auch mehrfach in die Irre gingen, gewiß nicht den Fortschritt erbracht hätten, wenn sie nicht durch Kaysers und Runges exakte Zahlen kontrolliert und ergänzt wären. Die Sicherheit der Gesetze ist wohl durch gleiches Verdienst auf beiden Seiten entstanden: Auf der einen Seite langwierige Arbeit des exakten Experimentes, der exakten Messung und Diskussion mit dem Erfolge wissenschaftlich sichergestellter Tatsachen. Auf der anderen Seite ein intuitiver Blick für das umfassende Gesetz mit solcher Überzeugung von der Wahrheit desselben, daß Unstimmigkeiten in den Zahlenwerten nicht ernstlich störten.

Auch in Bonn hat Kayser Arbeiten dieser Art selber ausgeführt (Spektren der Platingruppe, von Yttrium und Ytterbium), oder solche von Schülern geleitet, nachdem er dort ein großes spektro-

skopisches Institut geschaffen hatte, in dem mehrere Konkavgitter größter Art fest aufgestellt waren. Diese großartigen Mittel, von privater Seite gespendet, machten das Bonner Institut zu einer der ersten Forschungsstätten der Welt für das Gebiet der Spektroskopie. Spezialisten dieser Wissenschaft aus allen Teilen der Welt besuchten es und arbeiteten dort nach dem Rate des Altmeisters. Kayser selber hatte inzwischen ein anderes Werk unternommen: ein Werk von gewaltigem Umfang, an das sich wohl kein anderer herangetraut hätte. Er schreibt im Vorwort zum 1. Band seines Handbuches der Spektroskopie: „Das Bedürfnis nach einer zusammenhängenden und möglichst vollständigen Übersicht über unsere spektroskopischen Kenntnisse wird niemand bezweifeln, der auf diesem Gebiet arbeitet, oder zu arbeiten beginnt, und so meinte ich, der Wissenschaft mehr nützen zu können, indem ich diese Darstellung unternahm, als wenn ich die Zeit für eigene Untersuchungen verwandte." Möglichst vollständige Übersicht über unsere spektroskopischen Kenntnisse, das ist es, was Kayser immer vorschwebte, und das zu verwirklichen er allein der richtige Mann war: erste Autorität und zugleich unermüdlicher Sammler aller einschlägigen Literatur.

Von 1900—32 gibt Kayser 8 umfangreiche Bände heraus. Es wären noch mehr geworden, wenn ihm, der halb erblindete, Mitarbeiter geholfen hätten. Die Geschichte der Spektroskopie von Newton an, die Lichtquellen, die Spektralapparate, die thermodynamischen Grundlagen zum Verständnis der Emission und Absorption, die Strahlung der Gase, verschiedene Arten von Spektren, Gesetze in Linien- und Bandenspektren, Zeeman-Effekt werden in den ersten 2 Bänden behandelt. Der 3. Band und ein Teil des 4. bringt Absorptionsspektren und Farbstoffe. Nach einem Artikel von A. Pflüger über Dispersion behandelt Kayser im 4. Bande ausführlich alles, was über Phosphoreszenz und Fluoreszenz bekannt ist. Diese Zusammenstellungen sind einzigartig. Die Bände 5 bis 8, von 7 an unter Mitarbeit von H. Konen, bringen die gesamte Literatur aller bekannter Spektren bis 1932, insbesondere Wellenlängentabellen der einzelnen Spektren. Der Band 6 führt als Abschluß der ersten Sammlung von Spektren eine nach der Größe der Wellenlängen geordnete Tabelle der Hauptlinien aller Elemente. Diese ist gewissermaßen eine kurze Zusammenfassung aller Arbeiten Kaysers bis 1912. Kayser und Runge waren schon im Anfange genötigt, eine solche Tabelle anzulegen, um die Verunreinigungen zu vermeiden. Kayser hat das fortgesetzt und schließlich 1926, nach Erledigung der meisten Spektren, die alte Tabelle von 1912 ergänzt und berichtigt neu herausgegeben, um der damals in reichster Blüte stehenden experimentellen Spektroskopie eine Hilfe zu geben. Es war wirklich eine ungemein zeitgemäße und wichtige Hilfe, für die ihm jeder praktisch arbeitende Spektroskopiker dankbar sein mußte, da ohne diese Tabelle die Beseitigung von Verunreinigungen fast unmöglich gewesen wäre. Diese Tabelle mußte 1939 in 2. Auflage von R. Ritschl ergänzt und berichtigt neu herausgegeben werden für Zwecke der quantitativen Spektralanalyse. Ebenso steht es mit der Tabelle der Schwingungszahlen (1925), welche die Werte 1/λvac. enthält, auf die sich die Gesetzmäßigkeiten beziehen. Kayser und Runge hatten schon eine Untersuchung über die Dispersion der Luft ausgeführt unter Benutzung einer von Kayser erdachten neuen Methode (Luftprisma in Verbindung mit Konkavgitter). Die Tabelle Kaysers ist auf spätere Messungen des Bureau of standards gegründet, welchen Kayser den Vorzug gab, obwohl sie von den eigenen Messungen nur wenig abwichen. Die Förderung praktischer Arbeiten durch diese beiden Tabellen kann nicht hoch genug angeschlagen werden. Jeder Spektroskopiker braucht sie bei jedem Schritt seiner Arbeit.

Als Wichtigstes hat Kayser stets die Genauigkeit der Wellenlängenmessung betrachtet. Ein System exakter Normalwellenlängen zu schaffen ist eine seiner Lebensaufgaben gewesen. Wie er anfangs mit Runge zusammen das Eisenspektrum auf die D-Linien des Natriums bezog nach dem Muster des Rowlandschen Sonnenatlas, so ging er nach Bekanntwerden der interferometrischen Messung der roten Kadmiumlinie sofort über zu der hierauf gegründeten „internationalen Ångström-Einheit" und veranlaßte entsprechende interferometrische und Gittermessungen in Bonn, so wie er schon in Berlin die absoluten Gittermessungen der D-Linien durch F. Kurlbaum (1887) angeregt

hatte. Wenn heute eine Reihe von Linien des Eisens und der Edelgase mit einer Genauigkeit von $^1/_{1000}$ ÅE bekannt und international angenommen sind, so verdanken wir das zum großen Teil Kaysers Bemühungen, den experimentellen in eigenen Arbeiten und solchen seiner Schüler, den literarischen, in der internationalen Literatur und für sein Handbuch, und vor allem auch seiner Mitarbeit an Kongressen.

Das Handbuch und die Tabellen bilden die bedeutendste Leistung Kaysers in der Bonner Zeit. Sie dienen nicht allein der spektroskopischen Forschung. Astronomie, Chemie, Metallkunde sind von Kayser mit berücksichtigt und haben Nutzen von diesen Werken.

Während diese Werke entstanden, hatte die Spektroskopie infolge der Entdeckung von N. Bohr eine in der Wissenschaft beispiellose Blütezeit, und zwar die experimentelle ebenso wie die theoretische. Kayser hat sich an dieser Entwicklung nicht selber beteiligt. Die letzten Spektren des Handbuches sind wohl unter den neuen Gesichtspunkten geordnet. Man vermißt aber die Erläuterung. Dem Handbuch fehlt eine zusammenfassende Darstellung der neuen theoretischen Erkenntnisse und ihrer Folgerungen für die praktische Spektroskopie: Mag Kayser dies etwa für spätere Bände aufbewahrt haben, zu denen er nicht mehr gekommen ist, oder mag dem Manne der exakten Tatsachen die spekulative Richtung weniger wichtig gewesen sein. In letzterer Hinsicht ist folgendes zu sagen:

In den gemeinsamen Arbeiten mit Runge war Kayser der Experimentator. Bei der Ausmessung der Platten interessierte ihn die Exaktheit der Wellenlängen. An der Diskussion der Gesetzmäßigkeiten nahm er wohl teil. Er betrachtete es aber als eine Diskussion, die seinen Augen weniger wertvoll erschien. Spektralgesetze hat Kayser auch später nicht mehr oder in seinem Handbuch nur referierend behandelt, während für Runge die Gesetze die Hauptsache waren, wie besonders Runges spätere Arbeiten und Erfolge beweisen. Hier liegt die Ursache, weshalb der Name Kayser auch in der Spektroskopie jener Zeit nicht so genannt wurde, wie er es wohl verdient hätte. Kayser hat sich hierüber nie geäußert. Er wird es als eine der Ungerechtigkeiten der Welt empfunden haben. Die volle Anerkennung fand Kayser in der Astronomie. Sein Name erhielt einen Ehrenplatz auf der Titelseite des „Astrophysical Journal". Der Kommission für Wellenlängen-Normalen und Sonnenspektrum der „International Astronomical Union" gehörte er als Mitglied an und führte das Präsidium, als im August 1913 diese „International Astronomical Union" Kayser zur Ehrung in Bonn tagte. Auf dieser glänzend verlaufenen Versammlung war Kayser der Mittelpunkt allgemeiner Hochschätzung und Verehrung, besonders auch von seiten der Astronomen.

So gewiß Kayser in der Wissenschaft ein Mann der exakten Tatsachen war, trug doch alles, was er unternahm, unverkennbar einen Zug künstlerischer Einstellung. Sogar die in den Arbeiten von Kayser und Runge oder im Band 2 des Handbuches reproduzierten Spektralaufnahmen sind nicht nur deutlich bis in die Einzelheiten. Ihre Anlage zeugt auch von künstlerischem Empfinden. Die Photographie war Kaysers Lieblingsbeschäftigung. Er hatte es darin zur Meisterschaft gebracht. Die Liebe zur Kunst zog ihn alljährlich nach Italien. Nach der Rückkehr fand er ein besonderes Vergnügen darin, die dort gewonnenen photographischen Aufnahmen mit allen nur ihm bekannten Kunstgriffen so zu entwickeln, daß wahre Kunstwerke entstanden, wie sie wohl selten ein Berufsphotograph zustande brächte. In seiner Wohnung konnte man auserlesene Stücke dieser Art bewundern, wie z. B. Pompejanische Wandgemälde. Eine in jungen Jahren ausgezeichnet gelungene Aufnahme eines Blitzes machte ihm besondere Freude. In Hannover richtete er gut besuchte Lehrkurse für Photographie ein. 1903 ist er Mitbegründer und -herausgeber der Zeitschrift für wissenschaftliche Photographie.

Kayser hatte eine Vorliebe für japanische Kunstgegenstände, die er besaß und Besuchern sachverständig erläuterte. In schwerer Zeit fand er Trost in der Lektüre griechischer Klassiker, deren Sprache er beherrschte und deren Geist ihm zusagte. Die Klassiker der Deutschen Literatur schätzte

er weniger. Schöngeistige Literatur und jede Phrase lehnte er ab. Wilhelm Busch zitierte er gelegentlich.

Eine Darstellung des Gelehrten Kayser darf nicht vorübergehen an einem wesentlichen Zuge seiner Persönlichkeit. Kayser war sich und der Welt gegenüber ein durchaus wahrer Mensch. Was er für richtig ansah, vertrat er mit unbeugsamer Konsequenz. Wo er in der Wissenschaft Fehler fand, war seine Kritik unerbittlich und nahm keinerlei persönliche Rücksicht. Alle seine Werke wie seine Handlungen sind durchdrungen von dem Geiste ehrlicher Überzeugungstreue und Wahrhaftigkeit. Nicht Polemik sucht er, die ihm zuwider ist. Harte Kritik in scharfer Form scheint ihm notwendig um der Wahrheit willen, um Irrmeinungen nicht aufkommen zu lassen. Seine Kritik war stets berechtigt. Er hat damit der Wissenschaft genützt, aber im Leben manchen Freund verloren.

In den letzten Jahren lebte Kayser sehr vereinsamt. Die meisten seiner Freunde waren gestorben. Da hat er ein letztes Buch geschrieben, seine Lebenserinnerungen, das er den wenigen zur Lektüre überließ, zu denen er Vertrauen hatte, das aber nur in wenigen Exemplaren vorhanden war und nicht veröffentlicht ist. Dieses Manuskript gab in vielem den Schlüssel zum Verständnis der schwer zugänglichen Persönlichkeit Kaysers. Es enthält ausführliche Darstellungen seines Werdeganges, seiner Berufungen, seiner Reisen nach Italien, England und den Vereinigten Staaten, seiner Heirat, seiner wissenschaftlichen Bekanntschaften, kurz seines gesamten Berufs- und Privatlebens: in jedem Falle mit einer eingehenden Würdigung der Gründe und Folgen seiner Handlungen. Dieses letzte Bekenntnis des abgeklärten Mannes offenbart ein warmes Herz und Begeisterung für alles Schöne, eine unendliche Liebe zu seiner ihm allzu früh durch den Tod entrissenen Frau, viel Lob, wo ehrliche Bemühungen vorliegen, nachsichtiges Wohlwollen, wo solche durch widrige Umstände durchkreuzt werden, treue Freundschaftsbezeugung denen gegenüber, zu denen er Vertrauen gewonnen hatte; dann aber: souveräne Behauptung der eigenen Persönlichkeit gegenüber ungerechter Behandlung. Eine solche fühlte er z. B. gelegentlich seiner Berufung nach Bonn. In höchst sarkastischer Weise erzählt er die ihm widerfahrene, nach seinem Gefühl ungehörige Behandlung durch den damaligen Ministerialdirigenten, die sich Kayser nicht gefallen ließ, so daß die Berufung sogar gefährdet schien. Auch in diesem Buch fehlt es nicht an bitterem Zorn und Verachtung gegenüber Unwahrhaftigkeiten und Heuchelei, jedoch mit einer seinem Alter entsprechenden Abgeglichenheit. Es überwiegt die optimistische Lebensauffassung. Man erhält das Bild eines Gelehrten, der sich seines erarbeiteten Wertes bewußt ist und der Welt mit heiterer Gelassenheit gegenübersteht, die nichts erschüttern kann.

Der Name Kayser wird in der Spektroskopie einen Ehrenplatz behalten, solange Wellenlängen von Spektrallinien für praktische physikalische, astronomische oder chemische Zwecke oder für theoretische Betrachtungen gemessen werden. Wer sich über ein Spektrum unterrichten will, wird Kaysers Handbuch immer zu Rate ziehen, das in seiner Vollständigkeit, Genauigkeit und Sachkunde ein Standardwerk bleiben wird, solange es eine Spektroskopie geben wird. Wer auf Normalwellenlängen angewiesen ist, wird mit Ehrfurcht, Bewunderung und tief empfundenem Dank der sachkundigen Arbeit Kaysers gedenken, die zu ihrer Schaffung wesentlich beigetragen hat. Wenn es deutschen Forschern beschieden war, zu der gewaltigen neueren Entwicklung der Spektroskopie Beiträge zu liefern, so sollte nicht vergessen bleiben, daß es in letzter Linie Kaysers Wirken zu verdanken ist, wenn in Deutschland das Rüstzeug zu moderner spektroskopischer Arbeit bereit stand.

F. Paschen

ABHANDLUNGEN

Normalfrequenz-Aussendung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über den Deutschlandsender werktäglich 10 h 50 min.

Die Zahlen der Spalte 2 geben an, um wieviel in 10^{-9} des Wertes der Betrag der ausgestrahlten Frequenz vom Sollwert 1 000 000 000 Hz abweicht. Die Abweichung wurde mittels der Quarzuhren der Reichsanstalt bestimmt.

1	2	1	2
Tag	1940 September	Tag	1940 September
1.	—	16.	— 4
2.	— 1	17.	0
3.	— 9	18.	4
4.	— 2	19.	— 5
5.	— 8	20.	— 3
6.	— 1	21.	— 5
7.	— 7	22.	—
8.	—	23.	— 1
9.	— 1	24.	— 1
10.	— 10	25.	— 5
11.	— 10	26.	+ 5
12.	— 5	27.	— 1)
13.	0	28.	— 7
14.	— 5	29.	—
15.	—	30.	— 12

1) Aussendung ausgefallen.

Berlin-Charlottenburg, den 7. Oktober 1940.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Abt. II.

Im Auftrage:
A. Scheibe, U. Adelsberger.

Über die Winkelabhängigkeit der Sekundärelektronenemission von Isolatoren

Von H. Salow

Mitteilung aus der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost

Einleitung

Quantitative Angaben über die Abhängigkeit der Sekundärelektronenemission der Isolatoren vom Auftreffwinkel der Primärelektronen liegen bisher nicht vor. Qualitative Angaben zu dieser Frage wurden von Wehnelt und seinen Schülern (1–11) gegeben. Sie entdeckten und verfolgten in ihren Experimenten einen auffälligen Unstetigkeitseffekt, der bei der Messung der Sekundäremission (im folgenden als S.E. abgekürzt) an Isolatoren auftritt. Sie ließen einen Elektronenstrahl auf eine isolierende Oberfläche unter Veränderung des Einfallswinkels auftreffen und beobachteten bei Beschleunigungsspannungen von einigen tausend Volt eine sprunghafte Änderung des Elektronenstroms, der von dem Träger des Isolatorplättchens, dem Auffänger aufgenommen wurde. Sie deuteten dies als plötzliche Änderung der S.E. des Isolators. Klemperer (12) nahm an, daß es sich in Analogie zur Lichtwellenoptik um eine Totalreflexion der Elektronen am Isolator handelt, da der de Broglie-Welle des Elektrons im Isolator eine größere Phasengeschwindigkeit als im Vakuum zugeschrieben werden muß, während Joffé (13) zeigte, daß schon nach der klassischen Elektronentheorie eine Erklärung dieser Erscheinung unter Annahme einer Doppelschicht möglich ist. Daene und Schmerwitz (7) wiesen bereits darauf hin, daß eine Reflexion der Elektronen ohne wesentlichen Geschwindigkeitsverlust, wie sie bei einer Totalreflexion erwartet werden sollte, nicht auftritt. Auch sie nehmen zur Deutung des Effektes eine elektrische Doppelschicht in den ersten Molekülschichten des Isolators an, die bei schrägem Einfall der Elektronen diese zur Umkehr zwingen soll. Nach den theoretischen Vorstellungen über die S.E. an Metallen, die von Fröhlich (14) und Wooldridge (15) gegeben wurden, und nach den bisherigen experimentellen Kenntnissen über die S.E. der Isolatoren sind derartige Anomalien der Winkelabhängigkeit der S.E. nicht zu erwarten. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, quantitative Angaben über die Abhängigkeit der S.E. einiger Isolatoren vom Auftreffwinkel der Primärelektronen zu machen und gleichzeitig die beobachtete sprunghafte Änderung der S.E. nachzuprüfen.

Meßanordnung

Die zur Messung der S.E. benutzte Methode war die gleiche, die in einer früheren Arbeit (16) zur Bestimmung des S.E.-Faktors von Isolatoren angewandt wurde. Der Grundgedanke des Verfahrens liegt darin, den Isolator mit zwei Elektronenströmen gleichzeitig zu beschießen, von denen der eine i_1 einen S.E.-Faktor größer als Eins, der andere i_2 einen S.E.-Faktor kleiner als Eins besitzt. i_1 ist ein periodisch unterbrochener Gleichstrom, i_2 trifft kontinuierlich die Isolatoroberfläche. Da i_2 stets groß gegen i_1 ist, nimmt die Isolatoroberfläche ein dem Kathodenpotential von i_2 nahe benachbartes Potential an. Fällt nun der Strom i_1 auf den Isolator, so erzeugt er ($s > 1$) eine positive Aufladung, die in der folgenden Beschießungspause von i_2 wieder

rückgängig gemacht wird. Durch diese ständige Umladung entsteht ein Wechselstrom i_3, der als Verschiebungsstrom den Isolator durchsetzt. Eine einfache Überlegung zeigt, daß i_3 bis auf den Faktor $\frac{1}{s}-(s-1)$ mit i_1 übereinstimmt, wenn s der S.E.-Faktor des Isolators ist. Nach hinreichender Verstärkung des Meßwechselstromes in einem Verstärker können die Amplituden von i_1 und i_3 auf einem Oszillographen abgelesen und zur Bestimmung von s miteinander verglichen werden. Es ist darauf zu achten, daß der i_2-Strom langsamer Elektronen groß genug bleibt, um stets den Sättigungswert von i_3, der erst dem S.E.-Faktor entspricht, zu erreichen. Eine eingehende Begründung und Prüfung des Verfahrens ist in der oben angegebenen Arbeit enthalten.

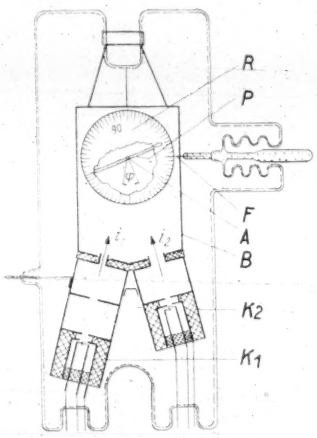

Fig. 1. Meßrohr zur Bestimmung der Winkelabhängigkeit der S.E. von Isolatoren. R Teilrad, P Isolator, F Fühlhebel, A Achse, B Auffänger, K_1 und K_2 Elektronensysteme zur Erzeugung des Meßwechselstromes i_1 und des Gleichstromes i_2.

Zur Messung der Winkelabhängigkeit der S.E. wird es notwendig, den Isolator P um eine Achse A senkrecht zum Strahl i_1 drehbar anzuordnen (vgl. Fig. 1). Da alle Messungen im ausgeheizten und von der Pumpe abgeschmolzenen Rohr vor sich gehen sollten, wurde die Drehung des Isolators durch ein auf die Achse gestecktes Rad R bewirkt, in das eine Teilung von 5 zu 5° eingefräßt war und das von außen durch den beweglichen Fühlhebel F eingestellt werden konnte. Eine Bewegung der Achse mit magnetischen Hilfsmitteln kommt bei der Verwendung von langsamen Elektronen nicht in Frage. Die Achse trägt das Isolatorplättchen P, dessen Rückseite versilbert, von den übrigen Metallteilen isoliert, vor dem Zustrom von Streuelektronen abgeschirmt und mit einem nach außen geführten Kontakt versehen ist, an dem der Verschiebungsstrom i_3 abgenommen werden kann. Der Strahlstrom i_1 wird am Auffänger B gemessen. Die beiden Systeme K_1 und K_2 erzeugen den eigentlichen Meßwechselstrom i_1 ($s>1$) und den Gleichstrom i_2 ($s<1$).

Es bestehen zwei Möglichkeiten, mit dieser Methode die Winkelabhängigkeit der S.E. zu messen. Bei dem ersten Verfahren (konstante Meßfläche) ist die Kontaktfläche, die den Wechselstrom i_3 überträgt, stets kleiner als der Querschnitt von i_1, dann bleibt die Meßfläche für i_3 des beschossenen Isolators bei allen Winkelstellungen konstant. Andererseits nimmt der Strom i_1 mit dem Kosinus des Einfallswinkels φ ab (φ ist der Winkel, den der Elektronenstrom i_1 mit der Normalen des Isolators bildet). Eine absolute Bestimmung des S.E.-Faktors ist in diesem Falle nicht möglich, da am Auffänger nur der ganze Strom i_1, aber nicht der Anteil, der den Verschiebungsstrom i_3 erzeugt, gemessen werden kann. Bei dem zweiten Verfahren (konstanter Strahlstrom) ist der Querschnitt von i_1 wesentlich kleiner als der Isolator und seine Kontaktfläche. Die beschossene Fläche des Isolators ist hierbei nicht konstant, sondern nimmt mit wachsendem Einfallswinkel zu, während der gesamte Strahlstrom i_1 zur Messung verwandt und konstant gehalten wird. Man muß hierbei in Kauf nehmen, daß bei einer Winkeldrehung zusätzlich neue Bereiche des Isolators vom Strahlstrom getroffen werden. Bei homogenen Oberflächen ist aber die örtliche Änderung des S.E.-Faktors gering (16). Eine quantitative Messung des S.E.-Faktors ist hier ohne weiteres möglich. Beide Verfahren wurden experimentell geprüft und lieferten qualitativ das gleiche Resultat. Da aber nach der ersten Methode der konstanten Meßfläche keine absoluten Messungen des S.E.-Faktors durchgeführt werden konnten, wurde die zweite Methode des konstanten Strahlstromes bevorzugt.

Die Messungen gingen so vor sich, daß bei einer festen Beschleunigungsspannung der Primärelektronen und konstantem Strahlstrom i_1 die Abhängigkeit des Verschiebungsstromes i_3 vom Auftreffwinkel φ gemessen wurde, während i_2 stets so eingerichtet war, daß i_3 seinen Maximalwert erreichte. Es zeigte sich, daß der Winkel, den der Strom langsamer Elektronen i_2 mit der Normalen des Isolators bildete, nicht mehr als 50° bei Glimmer und auch den anderen untersuchten Materialien annehmen durfte, da dann offenbar sein S.E.-Faktor bei der ver-

wendeten Spannung von einigen 10 Volt größer als Eins wurde und das Meßverfahren versagte. Es konnte deshalb die Winkelabhängigkeit nur nach der Seite gemessen werden, die mit der Richtung von i_2 den kleineren Winkel bildete. Es waren dann Messungen bis zu $\varphi = 70°$ möglich. (Der Winkel zwischen i_1 und i_2 betrug 22°.) Auch aus geometrischen Gründen ließen sich die Messungen nicht über den Winkel von 70° hinaus ausdehnen. Die Resultate waren gut reproduzierbar. Im allgemeinen fiel der S.E.-Faktor eines Isolators nach längeren Meßreihen etwas ab. Sein Anstieg mit dem Winkel nahm dabei zu.

Meßergebnisse

Es wurden nach diesem Verfahren drei Isolatoren untersucht, und zwar Glimmer, Glas und ZnS. Das Glimmerplättchen besaß eine Dicke von $^3/_{100}$ mm, eine saubere Oberfläche wurde durch Spaltung gewonnen. Die $^5/_{100}$ mm dicke Glasplatte wurde an Luft mehrfach auf 400° erhitzt und mechanisch gereinigt. Die ZnS-Schicht wurde im Vakuum in einer Dicke von 2000 ÅE auf ein Platinblech aufgedampft. Alle Messungen wurden an den gut ausgeheizten und von der Pumpe abgezogenen Röhren ausgeführt. Für Glimmer sind die Meßergebnisse in Fig. 2

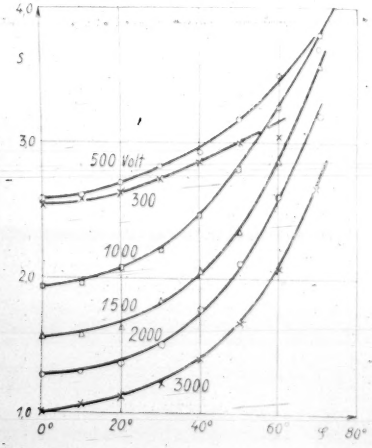

Fig. 2. Winkelabhängigkeit der S.E. von Glimmer bei verschiedenen Spannungen der Primärelektronen.

zusammengestellt. Man erkennt, daß keine Unstetigkeit des S.E.-Faktors in einem Bereich von 300–3000 Volt vorliegt. Der Faktor s nimmt von der Normalstellung bis zu einem Einfallswinkel von 70° stetig ansteigend zu. Die Steilheit des Anstieges wächst mit zunehmender Spannung. Dies ist genau das gleiche Verhalten, das von der Winkelabhängigkeit der S.E. der Metalle bekannt ist.

Über die S.E. von Metallen in Abhängigkeit vom Einfallswinkel der Primärelektronen liegen umfangreiche und genaue Messungen vor (17 bis 21). Mehrere Autoren geben Formeln an, die die Änderung des S.E.-Faktors mit dem Einfallswinkel des Primärstrahles beschreiben sollen (18, 19, 20). Es wird im folgenden zur Wiedergabe der Experimente eine Darstellung benutzt, die von Bruining (19) angegeben wurde, die die Versuche in einfacher Weise beschreibt und einen Vergleich mit den an Metallen gewonnenen Werten zuläßt. Danach läßt sich der S.E.-Faktor in seiner Abhängigkeit von φ folgendermaßen ausdrücken:

$$s = q \cdot e^{-p(1-\cos\varphi)} \quad (p, q = \text{const}),$$

für $\varphi = 0$ findet man $s_0 = q \cdot e^{-p}$. Dies in obige Gleichung eingeführt, ergibt:

$$s = s_0 \cdot e^{p(1-\cos\varphi)}. \qquad (1)$$

Von Bruining wird der Faktor p als das Produkt χ/l_0 gedeutet, in dem χ der Absorptionskoeffizient der Sekundärelektronen und l_0 die mittlere Eindringtiefe der Primärelektronen sein soll. Die Formel besitzt den Vorteil, daß sie mit nur einer abgeleiteten Konstanten (p) den Verlauf der Winkelabhängigkeit der S.E. befriedigend wiedergibt. Für Metalle ist sie gut erfüllt. In einem logarithmischen Diagramm gegen $(1 - \cos\varphi)$ aufgetragen ergeben die S.E.-Faktoren im allgemeinen gerade Linien.

Es zeigte sich, daß auch der Verlauf der S.E. bei Isolatoren durch die gleiche Formel beschrieben werden kann. Fig. 3 enthält den S.E.-Faktor von Glimmer in logarithmischem Maßstab gegen $(1 - \cos\varphi)$ als Abszisse aufgetragen. Es ergeben sich für den Funktionsverlauf wie bei den Metallen gerade Linien, deren Neigung den Faktor p darstellt. Fig. 4 und 5 enthalten in gleicher Darstellungsweise die Meßergebnisse an Glas und ZnS. Sie bieten das gleiche Bild wie Glimmer. Die Neigung der Geraden nimmt bei allen Isolatoren zunächst rasch dann nur noch langsam mit der Spannung zu. (Bei ZnS und auch bei Glimmer macht sich in hier nicht wiedergegebenen Versuchsreihen bei den Spannungen über 1500 Volt eine leichte Krümmung der Kurven bemerkbar, die auch gelegentlich bei Metallen bei höheren Spannungen auftritt.) Die Neigungen dieser Geraden, also die p-Werte, die sich aus den Diagrammen ablesen lassen, entsprechen durchaus den p-Fak-

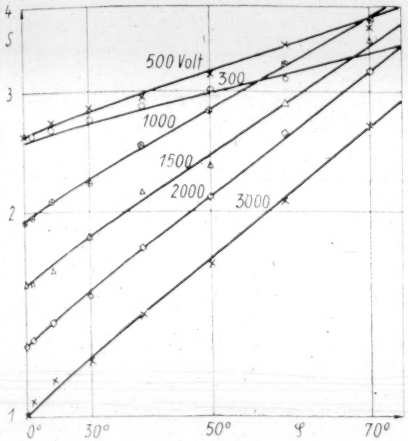

Fig. 3. Winkelabhängigkeit der S.E. von Glimmer bei verschiedenen Spannungen der Primärelektronen, log s gegen $(1 - \cos\varphi)$ aufgetragen.

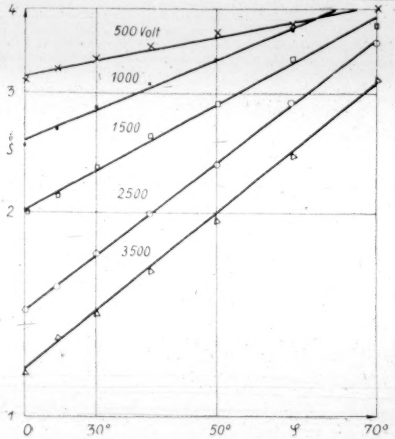

Fig. 4. Winkelabhängigkeit der S.E. von Glas bei verschiedenen Spannungen der Primärelektronen, log s gegen $(1 - \cos\varphi)$ aufgetragen.

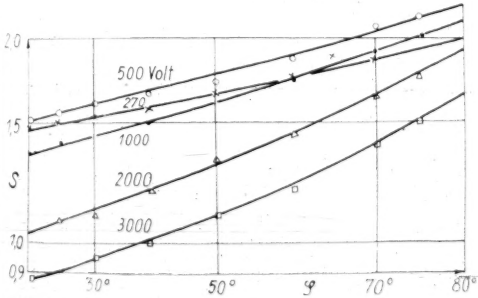

Fig. 5. Winkelabhängigkeit der S.E. von ZnS bei verschiedenen Spannungen der Primärelektronen, log s gegen $(1 - \cos\varphi)$ aufgetragen.

toren, die von den Metallen her bekannt sind. Für einen übersichtlichen Vergleich sind in Fig. 6 einmal die p-Werte, die sich aus den Resultaten von Bruining (19) und Müller (18) ergeben, das andere Mal die Meßergebnisse, die an den Isolatoren Glimmer, ZnS und Glas gewonnen wurden, zusammengestellt. Die Faktoren der Isolatoren fügen sich gut in das Gesamtbild der Metalle ein. Glimmer und Glas erreichen entsprechend ihrem größeren Atomvolumen und der dadurch bedingten starken Elektronenabsorption höhere Werte als die Schwermetalle. (Die Deutung $p = \alpha l_0$ läßt sich

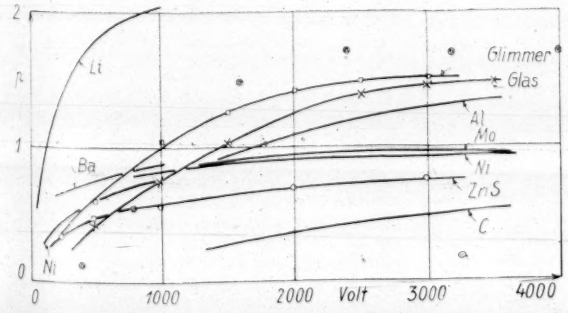

Fig. 6. Vergleich der p-Werte von Isolatoren (Neigungen der Geraden der Diagramme 3, 4 und 5) mit den p-Werten von Metallen in Abhängigkeit von der Spannung.

für niedrige Spannungen, wie noch gezeigt wird, aufrechterhalten.) Sie übertreffen sogar die Aluminiumwerte, ohne allerdings die extrem hohen p-Werte des *Li* zu erreichen. Auffallend niedrig liegen die Ergebnisse von *ZnS*. Dies kann in seiner speziellen Oberflächenstruktur eine Ursache haben. Das Platinunterlageblech, auf das die *ZnS*-Schicht aufgedampft war, wurde nur fein geschmirgelt und war nicht poliert. Die dabei noch bestehenden Rauhigkeiten der Oberfläche können vermutlich eine geringere Winkelabhängigkeit der S.E. hervorrufen, als sie einer völlig glatten Oberfläche entspricht. Charakteristisch für alle Stoffe ist, daß ihre p-Faktoren von kleinen Werten an stetig mit der Spannung steigen, für höhere Spannungen sich einem Grenzwert nähern und von da ab konstant bleiben. Von den Metallen wird dieser Grenzwert bei niedrigeren Spannungen erreicht als von Isolatoren.

Herleitung einer Formel für die Spannungs- und Winkelabhängigkeit der S.E.

Wie die Diagramme eindeutig nachweisen, folgt die Winkelabhängigkeit der S.E. von Isolatoren dem gleichen Gesetz, dem auch die Metalle unterworfen sind. Während die Versuche hinreichend durch die Formel (1) beschrieben werden, kann die Deutung des Gesetzes noch nicht befriedigen.

In der gewählten Darstellung der Diagramme deutet Bruining die p-Werte als das Produkt αl_0. Nun steigt die mittlere Eindringtiefe l_0 der Elektronen annähernd nach einem quadratischen Gesetz mit der Spannung an [(22) S. 274]. Nimmt man den Absorptionskoeffizienten der Sekundärelektronen α unabhängig von der Primärspannung an, so müßte ein quadratisches Anwachsen der p-Faktoren mit der Spannung die Folge sein. Dies ist nicht der Fall. Es soll deshalb versucht werden, durch eine genauere Diskussion zu einem vollständigeren Gesetz zu gelangen. Die physikalischen Voraussetzungen für die Rechnung sind folgende:

1. Für den Geschwindigkeitsverlust der Primärelektronen gelte das Thomson-Widdingtonsche Gesetz [(22) S. 266]. Seine Gültigkeit ist für Metalle und hohe Voltgeschwindigkeiten gut belegt, sie soll auch für Isolatoren wegen deren gleichartigen S.E.-Eigenschaften angenommen werden:

$$V_0^2 - V_l^2 = \beta l .$$

Danach sinkt die Energie des Elektrons von V_0 auf V_l, wenn es die Wegstrecke l in der Materie zurückgelegt hat. β ist eine Materialkonstante. Die Zahl der Sekundärelektronen Z, die ein Elektron auf seinem Wege erzeugt, wird dem Energieverlust dV_l/dl proportional gesetzt. Eine Annahme, die nach den Ausführungen von Wooldridge (15) berechtigt erscheint.

$$Z = \text{const} \cdot \frac{dV_l}{dl} = \frac{\text{const}}{\sqrt{V_0^2 - \beta l}} .$$

2. Für die Sekundärelektronen gelte innerhalb der Materie ein Absorptionsgesetz von der Form $n = n_0 \cdot e^{-\alpha l}$, wenn n/n_0 der Bruchteil der Sekundärelektronen ist, der nach Durchmessen der Wegstrecke l noch vorhanden ist und α der Absorptionskoeffizient ist. Der S.E.-Faktor kann dann durch folgende Formel beschrieben werden, wobei unter $l_0 = V_0^2/\beta$ diejenige Weglänge der Elektronen verstanden wird, bei der ihre Anfangsenergie aufgezehrt ist:

$$S = \text{const} \cdot \int_0^{l_0} \frac{dV_l}{dl} e^{-\alpha l \cos\varphi}\, dl$$

$$S = \text{const} \int_0^{l_0} \frac{e^{-\alpha l \cos\varphi}}{\sqrt{V_0^2 - \beta l}}\, dl .$$

[Vergleiche hierzu Lukjanow und Bernatowié (20), die den gleichen Ansatz benützen, die Rechnung aber nicht exakt zu Ende führen, sondern mit einer Näherungsformel abbrechen.) Das Integral läßt sich in elementarer Weise umschreiben und auf die Form bringen:

$$s = \text{const} \frac{e^{-V_0^2 \alpha/\beta \cos\varphi}}{\sqrt{\cos\varphi}} \int_0^{V_0\sqrt{\alpha/\beta \cos\varphi}} e^{z^2} dz . \qquad (2)$$

Betrachtet man die Gleichung für den Sonderfall des senkrechten Auftreffens der Primärelektronen ($\cos\varphi = 1$), so erhält sie mit der Abkürzung $V_0\sqrt{\alpha/\beta} = \xi$ die Form:

$$s_0 = \text{const}\, e^{-\xi^2} \int_0^{\xi} e^{z^2} dz .$$

Diese Gleichung besitzt die typische Gestalt einer S.E.-Kurve, wie man sich an Hand der Fig. 7 überzeugen kann. Das Maximum der Funktion liegt bei $\xi^2 = 0{,}85$. Für die Spannung V_m im Maximum der S.E. gilt also

$$V_m^2 \frac{\alpha}{\beta} = 0{,}85 .$$

Die Gleichung verknüpft die Reichweiten- und die Absorptionskonstante mit der Maximumspannung der S.E.-Kurve. Wenn sich auch eine zahlenmäßige Nachprüfung wegen zu geringen experimentellen Materials nicht durchführen läßt, so kann man aus ihr doch entnehmen, daß für Stoffe mit großem Absorptionsvermögen α (der Einfluß von β dürfte weniger ausschlaggebend sein, da β sich auf die raschen Primär-

elektronen bezieht) das Maximum nach niedrigeren Spannung rückt. Dies ist z. B. bei den reinen Alkalimetallen und den Isolatoren der Fall.

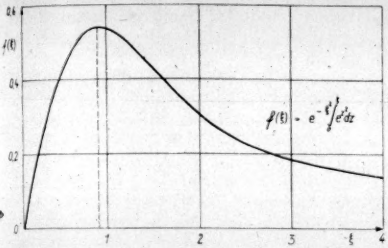

Fig. 7. Die Funktion $f(\xi) = e^{-\xi^2} \int_0^{\xi} e^{z^2}\, dz$.

Führt man eine Relativspannung V_r ein, derart, daß

$$V_r^2 = \frac{V_0^2}{V_m^2} = \frac{V_0^2}{0{,}85} \sqrt{\frac{\alpha}{\beta}}$$

(für $V_r = 1$ wird also das Maximum der S.E. erreicht), so geht die Gleichung über in:

$$s = \text{const}\, \frac{e^{-V_r^2 0{,}85 \cos\varphi}}{\sqrt{\cos\varphi}} \int_0^{V_r \sqrt{0{,}85 \cos\varphi}} e^{z^2}\, dz \,.$$

In dieser auf V_r reduzierten Form sollte die Gleichung bis auf eine unbestimmte multiplikative Konstante allgemein, unabhängig vom Material, gelten. Ein Vergleich mit den Experimenten wird am besten so durchgeführt, daß die Funktion in das gleiche Diagramm eingetragen wird, in das auch die Versuchsergebnisse eingezeichnet worden sind. Dies ist in Fig. 8 geschehen. Die multiplikative Konstante wurde, um mit den Experimenten vergleichbare Absolutwerte zu erhalten, gleich fünf gesetzt, auf die Neigung der Kurven hat diese Konstante keinen Einfluß. Man erkennt, daß die errechnete Kurvenschar bis zu $V_r = 2$ aus geraden Linien besteht. Für höhere Spannungen zeigen sich etwas stärkere Krümmungen, als sie in den Experimenten nachgewiesen werden konnten. Immerhin läßt die Kurvenschar erkennen, daß die unter Vernachlässigung der Krümmung ablesbaren p-Werte der Kurven mit höherer Spannung einen konstanten Wert annehmen, wie das die Experimente fordern. Die aus der Rechnung gewonnenen p-Werte sind in der Fig. 6 als Doppelkreise eingetragen. (Für V_m wurde 800 Volt angenommen.) Sie fügen sich gut in das Gesamtbild der beobachteten Werte ein.

Aus der Rechnung lassen sich somit nicht allein die annähernd richtigen p-Faktoren ableiten, sondern auch ihre Spannungsabhängigkeit läßt sich in befriedigender Weise wiedergeben. Freilich sollten die p-Faktoren in V_r-Koordinaten allgemein gelten. Dies ist sicher nicht der Fall. Die Experimente können nicht durch eine allgemeingültige Formel in Relativkoordinaten beschrieben werden. Daraus ist zu schließen, daß der physikalische Ansatz durch spezielle, von der Materie bestimmte Größen ergänzt werden muß. Immerhin ist es bemerkenswert, wie durch die einfachen physikalischen Annahmen der Energieaufzehrung der Primärelektronen nach dem Widdington-Thomsonschen Gesetz und einer wegproportionalen Absorption der Sekundärelektronen eine Formel entsteht, die wesentliche Züge des Experimentes sowohl in der Spannungs- wie in der Winkelabhängigkeit der S.E. wiedergibt.

Die aus den Experimenten in so übersichtlicher Weise ableitbaren p-Werte erhalten in obiger Darstellung keine einfache Bedeutung, vielmehr erscheinen sie als durch das Zusammenwirken mehrerer Variablen hervorgerufen. Allerdings läßt sich zeigen (20), daß für kleine ξ ($\xi < 1$ oder $V_r < 1{,}08$) das Integral $1/\xi \int_0^{\xi} e^{z^2} dz$ durch $e^{1/3\,\xi^2}$ ersetzt werden kann. Damit geht die

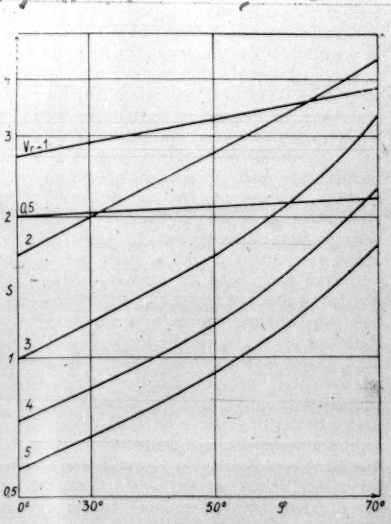

Fig. 8. Berechnete Winkelabhängigkeit der S.-E., $V_r = \frac{V_0}{\sqrt{0{,}85 \cdot \beta/\alpha}}$.

komplizierte Formel (2) in die einfache Gleichung über:

$$s = V_0 \,\mathrm{const} \cdot e^{-2/3 \cdot V_0^2 \alpha/\beta \cdot \cos\varphi} .$$

Diese Gleichung ist unter Berücksichtigung von $V_0^2/\beta = l_0$ bis auf den Faktor 2/3 im Exponenten identisch mit der Formel (1), in der die Experimente beschrieben wurden. Somit behält die Deutung des Faktors $p = \alpha l_0$ für kleine Spannungen etwa bis zur Spannung V_m im Maximum der Sekundäremission ihre Berechtigung. Für höhere Spannungen muß allerdings die nicht so übersichtliche oben angegebene Formel zum Vergleich mit dem Experiment herangezogen werden.

Vergleich mit älteren Messungen

Es soll noch auf die eingangs erwähnten Arbeiten von Wehnelt und seinen Schülern zu diesem Thema eingegangen werden. Wehnelt entdeckte im Jahre 1922 (1, 2) bei seinen Untersuchungen der sekundären Kathodenstrahlung von Glas unter verschiedenen Auftreffwinkeln der Primärstrahlen, daß die vom Glas zurückkehrende Elektronenmenge nicht wie bei Metallen mit wachsendem Einfallswinkel stetig zunimmt, sondern bei einem bestimmten Winkel eine plötzliche Verminderung zeigt, worauf dann wieder ein normaler Anstieg des sekundären Elektronenstromes erfolgt. Der Einfallswinkel, bei dem diese Erscheinung auftritt, liegt um so höher, je höher die Spannung der Primärelektronen ist. Wehnelt und seine Schüler (3–11) benutzten bei ihren Messungen eine Anordnung, wie sie zur Ermittlung der Winkelabhängigkeit der S.E. von Metallen üblich ist. Inmitten eines metallischen Auffängers ist ein Isolatorplättchen drehbar angeordnet, das mit schnellen Elektronen beschossen werden kann und dessen rückwärtige Metallisierung mit der Halterung verbunden isoliert nach außen geführt ist. Isolator und Halterung wird als Reflektor bezeichnet. An den Auffänger ist im allgemeinen eine positive Vorspannung von 50 Volt gegenüber dem Reflektor gelegt. Der bei Elektronenbeschießung über diesen Reflektor fließende Strom wird als relatives Maß für den Sekundärelektronenstrom angesehen.

Es ist leicht einzusehen, daß dieser Strom nicht durch den Isolator fließen kann. Nach den Angaben von Katz (10) bestand der Isolator bei seinen Versuchen aus einem Glasplättchen von 0,16 mm Dicke. Der Durchmesser des primären Elektronenbündels betrug etwa 0,5 mm, die am Reflektor gemessene Stromstärke schwankte im Mittel zwischen 2 und $4 \cdot 10^{-9}$ Amp. Soll dieser Strom durch den Isolator fließen, so müßte an der von den Primärelektronen getroffenen Stelle, wie man leicht nachrechnet, eine Potentialdifferenz von mehreren hunderttausend Volt bestehen, wenn für das Glas ein spezifischer Widerstand von $10^{13}\,\Omega \cdot$ cm angenommen wird. Diese Spannung ist etwa hundertmal so groß als die, die zur Beschleunigung der Primärelektronen benutzt wird. Der Strom fließt demnach nicht über den Isolator, sondern kann nur indirekt von der Metallhalterung des Isolators aufgenommen worden sein. Dies ist ohne weiteres möglich, da die vor dem beschossenen Isolator sich stets bildende Raumladung für einen Abfluß der Ladungen nach Maßgabe des umgebenden Feldes sorgt. Da der Reflektorstrom mit Zunahme des negativen Potentials am Reflektor zunimmt, ist anzunehmen, daß es sich vorwiegend um einen Strom positiver Gasionen handelt, der vom Reflektor angezeigt wird. Dies stimmt auch mit der Richtung des Stromes überein. Es kann dann nicht mehr auf einen direkten Zusammenhang zwischen Reflektor- und Sekundärelektronenstrom des Isolators geschlossen werden. Da der Zufluß von Ladungen von der Raumladung her geregelt wird, kann eine sprunghafte Änderung des vom Reflektor aufgenommenen Stromes nur bei einem sprunghaften Umbau der Raumladung erfolgen. Dies ist der Fall, wenn der S.E.-Faktor des Isolators durch den Punkt $s = 1$ geht. Solange $s > 1$ bleibt, nimmt die Isolatoroberfläche ein Potential an, das nahe dem der Absauganode, des Auffängers liegt. Sobald $s < 1$ wird, sinkt das Oberflächenpotential auf den Wert, bei dem für die Primärelektronen wieder $s = 1$ erreicht wird (16). Wenn jetzt beispielsweise durch eine Drehung des Isolators der S.E.-Faktor durch den Punkt $s = 1$ wandert, erfährt sein Oberflächenpotential eine unstetige Veränderung. Dies bedingt einen grundsätzlichen Umbau der Raumladung vor dem Isolator und gewinnt so entscheidenden Einfluß auf die Verteilung der abfließenden Ströme. Es liegt deshalb nahe anzunehmen, daß der von Wehnelt und seinen Schülern gemessene Sprungeffekt gerade dann eintritt, wenn der S.E.-Faktor der Schicht gleich Eins wird.

Diese Annahme kann durch folgendes Experiment gestützt werden. Es wurde versucht, mit den vorhandenen Meßrohren die Versuchsmethode der Wehnelt-Schule zu reproduzieren. Da jedoch die Kontaktfläche des Isolators gut geschirmt war, konnte bei positiver Vorspannung am Auffänger mit den vorhandenen Mitteln kein Strom nachgewiesen werden. Bei negativer Vorspannung des Auffängers wurden sekundäre Elektronen auf die Kontaktzufüh-

rung beschleunigt. Dieser Elektronenstrom zeigte die gleichen Unstetigkeiten, wie sie aus den Messungen Wehnelts und seiner Schüler bekannt sind. (Das Vorzeichen der Vorspannung dürfte auf den Sprungeffekt von geringem Einfluß sein.) In Fig. 9 ist die Winkelabhängigkeit dieses Kollektorstromes, der an dem Glasplättchen bei 4000 Volt Beschleunigungsspannung gemessen wurde, mit der des S.E.-Faktors verglichen worden. In der Tat tritt die Unstetigkeitsstelle des Kollektorstromes sehr nahe bei dem Punkte $s = 1$ der Schicht auf. Die gefundene Abweichung von 7° fällt bei der Verschiedenartigkeit der Meßverfahren nicht ins Gewicht. Entscheidend bleibt, daß die Unstetigkeit des Kollektorstromes erst dann beobachtet werden

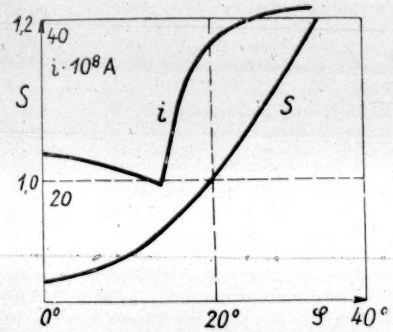

Fig. 9. Vergleich der Winkelabhängigkeit des Kollektorstromes i mit dem Wert $s = 1$ des S.E.-Faktors.

kann, wenn der S.E.-Faktor den Wert $s = 1$ unterschreitet.

Ein weiterer Beweis obiger Annahme kann in folgendem gesehen werden. Katz hat in seiner Dissertation (10) den Unstetigkeitswinkel in Abhängigkeit von der Spannung der Primärelektronen angegeben. Nach der oben beschriebenen Auffassung stellt dies diejenige Kurve dar, bei der unter Variation von V_0 und φ der S.E.-Faktor konstant gleich Eins bleibt. Solche Kurven konstanten S.E.-Faktors werden aber in den Fig. 2–5 durch jede Parallele zur Abszisse wiedergegeben. In Fig. 10 ist ein Vergleich der von Katz gemessenen Kurve mit einer Kurve konstanten S.E.-Faktors aus Fig. 3 durchgeführt worden. Die Gleichsinnigkeit beider Funktionen liegt trotz verschiedenen Materials auf der Hand. Der Kollektorstrom darf also aus den angeführten Gründen nicht als ein relatives Maß der S.E. des Isolators angesehen werden und seine Unstetigkeit nicht als plötzliche Änderung der S.E. gedeutet werden. Die Winkelabhängigkeit der S.E. der Isolatoren verläuft vielmehr ebenso stetig, wie es bei Metallen seit langem bekannt ist.

Zusammenfassung

Es wird die Abhängigkeit der S.E. der Isolatoren Glimmer, Glas und ZnS vom Einfallswinkel der Primärelektronen angegeben, die nach einem früher beschriebenen Wechselstrommeßverfahren gewonnen wurde. Der Verlauf des S.E.-Faktors ist zwischen den Einfallswinkel von 0° und 70° und den Spannungen von 100 und 4000 Volt stetig und folgt nach den

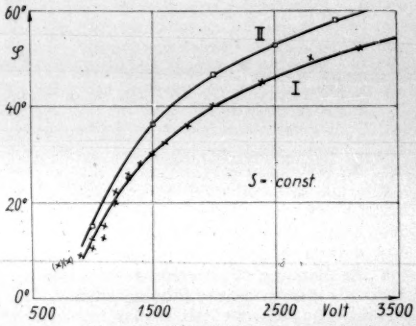

Fig. 10. Vergleich einer von Katz angegebenen Kurve des Sprungeffektes (I) mit einer Kurve konstanten S.E.-Faktors (II) nach Fig. 3. (Die eingeklammerten Werte sind unsicher.)

Messungen dem gleichen Gesetz, das für die Winkelabhängigkeit S.E. der Metalle aufgestellt werden kann.

Unter der Annahme der Gültigkeit des Widdington-Thomsonschen Gesetzes für die Energieaufzehrung der Primärelektronen und der Annahme einer wegproportionalen Absorption der Sekundärelektronen wird eine Formel abgeleitet, die wesentliche Züge des Experimentes hinsichtlich Spannungs- und Winkelabhängigkeit der S.E. wiedergibt.

Die von Wehnelt und seinen Schülern angenommene plötzliche Änderung der S.E. von Isolatoren bei bestimmten Winkelstellungen wird auf die spezielle Meßmethodik zurückgeführt. Der darin auftretende Sprungeffekt des Kollektorstromes setzt dann ein, wenn der S.E.-Faktor des Isolators den Wert Eins erreicht, und darf nicht als plötzliche Änderung der S.E. angesehen werden.

Literaturverzeichnis

1) A. Wehnelt, Erg. d. exakt. Naturwiss. **4**, 92, 1925.
2) A. Wehnelt, Zeitschr. Phys. **48**, 165, 1928.
3) G. Nickel, Diss. Berlin 1923.
4) W. Schmidt, Diss. Berlin 1924.
5) B. Beischlag, Diss. Berlin 1929.
6) E. Uredat, Diss. Berlin 1930.
7) H. Daene u. G. Schmerwitz, Zeitschr. Phys. **53**, 404, 1929.
8) G. Kalckhoff, Diss. Berlin 1933.
9) G. Kalckhoff, Zeitschr. Phys. **80**, 305, 1933.
10) G. Katz, Diss. Berlin 1937.
11) G. Katz, Zeitschr. Phys. **107**, 48 1937.
12) O. Klemperer, Zeitschr. Phys. **48**, 417, 1928.
13) A. Joffé, Zeitschr. Phys. **48**, 737, 1928.
14) H. Fröhlich, Ann. d. Phys. **13**, 229, 1932.
15) D. E. Wooldridge, Phys. Rev. **56**, 562, 1939.
16) H. Salow, Zeitschr. f. techn. Phys. **21**, 8, 1940.
17) M. Baltruschat u. H. Starke, Physik. Zeitschr. **23**, 403, 1922.
18) H. O. Müller, Zeitschr. Phys. **104**, 475, 1936.
19) H. Bruining, Physica **5**, 901, 1938.
20) S. I. Lukjanow u. V. N. Bernatović, Phys. Journ. **7**, 856, 1937 (russisch).
21) S. I. Lukjanow, Physik. Zeitschr. d. Sowjetunion **13**, 123, 1938.
22) O. Klemperer, Elektronik. Berlin 1933.

Berlin, im Oktober 1940.

(Eingegangen 29. Oktober 1940)

Die Messung des Brechungsvermögens absorbierender Flüssigkeiten

Von H. Littmann

Mitteilung aus dem Physikalischen Laboratorium der Zeisswerke, Jena

Das Brechungsvermögen von Flüssigkeiten mißt man allgemein durch Bestimmung des Grenzwinkels der Totalreflexion, also etwa mit einem Refraktometer nach Abbe oder Pulfrich. Sollen die gleichen Instrumente jedoch zu Messungen an absorbierenden Flüssigkeiten verwendet werden, so ist eine nähere Untersuchung über den Einfluß der Absorption auf das Meßergebnis notwendig. Wie kürzlich[1]) gezeigt worden ist, sind nämlich aus verschiedenen Gründen systematische Meßfehler möglich. Zuverlässig scheint die Messung im reflektierten Licht zu sein, da in diesem Falle nur das an der absorbierenden Flüssigkeit reflektierte Licht beobachtet wird, die Flüssigkeit also nicht vom Licht durchsetzt wird. Wie aus der gleichen Arbeit hervorgeht, bewirkt aber bereits die verhältnismäßig schwache (d. h. nicht metallische) Absorption von Farblösungen gerade in der Umgebung des Grenzwinkels der Totalreflexion merkliche Abweichungen von den Fresnelschen Formeln, so daß infolge der veränderten Intensitätsverteilung des reflektierten Lichtes systematische Abweichungen des gemessenen von dem wahren Brechungsvermögen der Flüssigkeit durchaus wahrscheinlich sind.

Um ein Urteil über die Größe dieser Abweichungen zu gewinnen, ist es notwendig, das Brechungsvermögen nach Methoden zu bestimmen, die unabhängig von der Absorption das wahre Brechungsvermögen ergeben. Als solche Methoden kommen entweder interferometrische Verfahren in Frage oder solche, die auf der Ablenkung des Lichtes in keilförmigen Schichten der Substanz beruhen.

Im folgenden werden für beide Verfahren Beispiele angeführt und endlich wird mit den daraus gewonnenen Resultaten die Meßgenauigkeit der Totalrefraktometer überprüft. Dabei ergibt sich die interessante Tatsache, daß infolge einer physiologischen Eigentümlichkeit des Auges die Totalrefraktometer sehr viel genauer messen, als es nach den bisher vorliegenden Ergebnissen zu erwarten stand.

1. Die interferometrische Bestimmung des Brechungsvermögens

Die beschriebenen Interferometermethoden bestehen übereinstimmend darin, daß Interferenzen gleicher Dicke mit einer mikrophotographischen Einrichtung im auffallenden Licht photographiert werden und aus dem Bild des Streifensystems das Brechungsvermögen der Flüssigkeit ausgewertet wird.

a) Newtonsche Ringe

Die Methode. Das Verfahren ist an sich bekannt, es sind lediglich die optischen Hilfsmittel so zu dimensionieren, daß die maximal erzielbare Meßgenauigkeit ausgenutzt werden kann. Die Ringe werden in der zwischen einer Planplatte und einer Plankonvexlinse befindlichen Schicht erzeugt und im monochromatischen Licht photographiert. Zur Erhöhung des Kontrastes werden dabei das Reflexionsvermögen der Unterlage und das der Linsenoberfläche so aufeinander abgestimmt, daß Helligkeitsminima von möglichst kleiner Intensität entstehen. Als Unterlage diente daher eine mit Chrom verspiegelte Quarzplatte mit einem Reflexionsvermögen von 54 Proz., während das der gewölbten Fläche 30 Proz. betrug. Diese Zahlenwerte ergeben sich unter der für eine absorbierende Zwischenschicht zutreffenden Voraussetzung, daß im wesentlichen nur einmal reflektierte Strahlen zur Interferenz kommen. Im folgenden ist n das Brechungsvermögen der Substanz, r der Krümmungsradius der gewölb-

1) H. Littmann, Ann. d. Phys. **38**, 139, 1940.

ten Fläche, Δk der Ordnungszahlenunterschied zweier Ringe mit den Radien a_1 und a_2, s der Durchmesser des größten zur Auswertung benutzten Ringes und ds die Genauigkeit, mit der dieser gemessen werden kann. Aus der elementaren Ringformel

$$n = \frac{\lambda r \Delta k}{a_2^2 - a_1^2} \qquad (1)$$

ergibt sich für die Meßgenauigkeit:

$$dn = 2n \frac{ds}{s} \cdot \qquad (2)$$

Die Gleichung läßt erkennen, daß der Fehler, mit dem n behaftet ist, vollständig durch die Abbildungsoptik bestimmt wird. Werden die Ringe mit einem Mikroskop photographiert, hinter dessen Okular eine Kamera angebracht ist, so ist

$$dn = 2n\lambda \cdot \frac{V}{Z \cdot A}, \qquad (3)$$

wenn V die Objektivvergrößerung, Z die Sehfeldzahl[2]) des Okulars und A die numerische Apertur des Objektivs bedeutet. Eine größere Genauigkeit ist grundsätzlich mit einer Aufnahme nicht zu erwarten[3]). Mit bekannten Mikroskopobjektiven und -okularen lassen sich dieser Gleichung zufolge Meßgenauigkeiten von $dn = 3{,}5 \cdot 10^{-3}$ bis $1{,}5 \cdot 10^{-3}$ erzielen, wobei die schwachen Objektive und Okulare den stärkeren überlegen sind.

Etwas günstiger in bezug auf die Genauigkeit gestaltet sich die Verwendung einfacher mikrophotographischer Objektive; so erhält man z. B. mit einigen ausgewählten Objektiven folgende Werte:

Tabelle I

Die mit mikrophotographischen Objektiven[4]) erzielbare Meßgenauigkeit

f cm	ds cm	s cm	dn	d	β
1,5	$2{,}62 \cdot 10^{-4}$	0,5	$1{,}6 \cdot 10^{-3}$	9,18	7,6
4,5	$5{,}0 \cdot 10^{-4}$	2,0	$0{,}75 \cdot 10^{-3}$	0,57	4
6	$5{,}0 \cdot 10^{-4}$	3,0	$0{,}5 \cdot 10^{-3}$	0,23	4
9	$6{,}88 \cdot 10^{-4}$	6,0	$0{,}34 \cdot 10^{-3}$	0,06	3

Tabelle I enthält für jedes Objektiv das ausnutzbare Objektfeld — äußerster Ringdurchmesser s —, das Auflösungsvermögen ds, die theoretische Genauigkeit dn, die Brechkraft d derjenigen Plankonvexlinse, die im Gesichtsfeld s mit einer Flüssigkeit von $n = 1{,}5$ gerade 300 Interferenzringe ergibt, und die photographische Mindestvergrößerung β, die aufgewendet werden muß, damit das Auflösungsvermögen des Objektivs die Größenordnung des Plattenkornes von etwa $2 \cdot 10^{-3}$ cm erreicht. Mehr als 300 Ringe zu verwenden, ist unzweckmäßig, weil dann die Schichtdicke für stark absorbierende Flüssigkeiten zu groß wird. Von den angeführten Objektiven ist das mit einer Brennweite von 4,5 cm am geeignetsten, da Objektive kürzerer Brennweite größere Fehler ergeben und solche längerer Brennweite unhandlich große Plattenformate erfordern.

Die Auswertung. Die Auswertung besteht darin, daß auf dem Bild der Newtonschen Ringe der Durchmesser zweier möglichst weit entfernter Ringe mit einer Genauigkeit von $\Delta S = \beta \cdot ds \approx 20\,\mu$ ausgemessen wird.

Sehr viel einfacher in der Anwendung gestaltet sich die folgende Methode. Man fertigt neben der zur Auswertung bestimmten Platte eine zweite Aufnahme mit Hilfe einer Flüssigkeit an, deren Brechungsvermögen bekannt ist. Bringt man beide Platten Schicht an Schicht zur Deckung, so sieht man ein System von konzentrischen Koinzidenzringen, dessen Ausmessung mit einem wesentlich geringeren Aufwand an Zeit und Genauigkeit möglich ist. Sind A_1 und A_2 die Radien zweier Koinzidenzringe, $K - 1$ die Anzahl der zwischen A_1 und A_2 liegenden Ringe, r der Krümmungsradius der Plankonvexlinse und β der photographische Vergrößerungsfaktor, so ist

$$n_2 = n_1 \left(1 + \frac{\lambda \cdot r \cdot \beta^2 \cdot K}{A_2^2 - A_1^2}\right). \qquad (4)$$

(Ist z. B. $n_2 - n_1 = 0{,}14$, $\lambda = 5{,}5 \cdot 10^{-5}$ cm, $d = 0{,}75$ dptr, $\beta = 4$, $A = 3$ cm, so beträgt die Zahl der Koinzidenzringe 15. Der Durchmesser muß auf 0,1 mm genau gemessen werden, um das gesuchte n auf $1 \cdot 10^{-3}$ genau zu erhalten.)

Zonenplatten. Eine photographische Aufnahme Newtonscher Ringe läßt sich als Zonenplatte verwenden, und es ist auf Grund dieser Tatsache eine sehr einfache Auswertungsmethode gegeben. Die Auswertung beschränkt sich auf eine einzige Längenmessung, nämlich auf die Bestimmung der Brennweite der Zonenplatte. Zonenplatten sind erstmalig beschrieben von Soret[5]) und eingehend behandelt worden von Cornu[6]), der auch bereits erkannt hat, daß sich die Abbildungen Newtonscher Ringe als Zonenplatten verwenden lassen. Für die Hauptbrenn-

2) $\frac{Z}{V}$ ergibt die Größe des abgebildeten Objektfeldes.

3) Die Meßgenauigkeit läßt sich auf das ν-fache steigern, wenn statt einer Aufnahme des Objektes vom Durchmesser s in ν Aufnahmen ein Ringsystem vom Durchmesser $\nu \cdot s$ photographiert wird.

4) Zeiss-Mikrotare.

5) J. L. Soret, Ann. d. Phys. **156**, 99, 1875.

6) A. Cornu, Ann. d. Phys. **156**, 114, 1875.

weite f einer Zonenplatte gilt bekanntlich folgende Beziehung:

$$\frac{1}{f} = \frac{2\lambda \Delta k}{a_2^2 - a_1^2}, \qquad (5)$$

wenn a_1 und a_2 die Radien zweier Ringe der Zonenplatte, zwischen denen $\Delta k - 1$ Ringe liegen. Ein Vergleich mit Gleichung (1) liefert

$$f = \frac{\beta^2 \cdot r}{2n}, \qquad (6)$$

worin die Vergrößerung β eingeht, da sich Gleichung (1) auf die Newtonschen Ringe selbst und Gleichung (5) auf ihr photographisches Bild bezieht. Außer der Hauptbrennweite f besitzt eine Zonenplatte noch die Brennweiten $F = \pm \frac{f}{i}$ ($i = 1; 2; 3 \ldots$). Die Messung einer dieser Brennweiten ist hinreichend, um daraus n zu bestimmen.

b) Biprisma

In gleicher Weise wie die Newtonschen Ringe lassen sich die mit einem Flüssigkeitskeil erzeugten Interferenzen verwenden. Um aus der Schar gleichabständiger paralleler Streifen n berechnen zu können, ist die Messung des Keilwinkels notwendig. Diese umgeht man beispielsweise, wenn man gleichzeitig zwei miteinander nicht mischbare Flüssigkeiten mit gleichem Keilwinkel mißt[7]). Für den vorliegenden Zweck ist es jedoch günstger, einen Doppelkeil zu verwenden, d. h. man bringt die zu messende Flüssigkeit zwischen eine Planplatte und ein Biprisma. Dann lassen sich die beiden unbekannten Winkel der Flüssigkeitskeile durch den bekannten Winkel φ des Biprismas eliminieren. So ist

$$n = \frac{\lambda}{4 \operatorname{tg} \varphi} \left\{ \sqrt{(a^2 + b^2)^2 - 4ab \operatorname{tg}\varphi} - (a + b) \right\}, \qquad (7)$$

wenn $\Delta x_1 = \frac{1}{a}$ und $\Delta x_2 = \frac{1}{b}$ die an beiden Keilen gemessenen Streifenabstände bedeuten.

2. Die Ablenkungsmethoden

a) Fokometermessung

Zu den soeben beschriebenen interferometrischen Methoden lassen sich vollkommen äquivalente Methoden angeben, die zur Auswertung nicht die Interferenzfigur, sondern die Ablenkung des Lichtes benutzen. So stellt man z. B. mit Hilfe des vorher verwendeten Keiles oder Biprismas die Ablenkung fest, die das Licht in der absorbierenden Schicht erfährt; oder man mißt an Stelle der Brennweite der durch die Newtonschen Ringe gebildeten Zonenplatte unmittelbar die Brennweite der aus der absorbierenden Flüssigkeit gebildeten Linse. Im letzteren Falle erhält man eine Linsenkombination, die aus einer positiven Glaslinse und einer negativen Flüssigkeitslinse besteht. Die Brennweite dieser Kombination hängt von dem Brechungsvermögen der Flüssigkeit ab, so daß die Bestimmung von n wie im Falle der Zonenplatten auf die Messung einer Brennweite zurückgeführt ist. Wird die Messung nacheinander mit einer bekannten Flüssigkeit n_1 und einer unbekannten n_2 ausgeführt, so ist, falls eine Plankonvexlinse vom Brechungsvermögen n' verwendet wird:

$$n_2 = n' - \frac{f_1}{f_2}(n' - n_1). \qquad (8)$$

Da mit Rücksicht auf die Absorption nur dünne Schichten und somit schwach gekrümmte Linsen in Betracht kommen, ergeben sich große Brennweiten. Diese können beispielsweise mit der Abbeschen Fokometermethode[8]) gemessen werden, welche darin besteht, daß nacheinander mit einem Mikroskop zwei übereinander angeordnete Skalen betrachtet werden und die Verschiebung gemessen wird, die die Skalenbilder erfahren, wenn die zwischen Skala und Objektiv befindliche Linse, deren Brennweite bestimmt werden soll, um einen meßbaren Betrag verschoben wird. Die mit dem Fokometer erzielbare Genauigkeit (mittlerer Fehler der Einzelmessung) erreicht etwa $dn = 1 \cdot 10^{-3}$.

b) Biprisma

Das Brechungsvermögen läßt sich ferner aus der Ablenkung ermitteln, die das Licht beim Durchsetzen eines flachen Prismas der absorbierenden Lösung erfährt. Wiederum ist es zur Elimination des Keilwinkels vorteilhaft, ein Biprisma zu verwenden, welches dadurch erzeugt wird, daß ein gläsernes Biprisma von geeignetem Prismenwinkel (etwa $\varphi = 179°$) auf eine ebene Unterlage gelegt wird. Ein paralleles Strahlenbündel, welches annähernd senkrecht auf die Planfläche fällt, wird dann durch die Prismenkombination in zwei Bündel aufgespalten, deren Winkelabstand ε von dem Brechungsvermögen der Flüssigkeit n und dem des Prismenmaterials n' abhängt, und zwar ist

$$\varepsilon = (180 - \varphi)(n' - n). \qquad (9)$$

Um mit dieser Anordnung eine Meßgenauigkeit von $1 \cdot 10^{-3}$ zu erzielen, ist eine Winkelauflösung von 3,5″ notwendig. Die Prismenflächen müssen demzufolge in der Ablenkungsrichtung eine genügend große Ausdehnung haben. Zweckmäßig

7) W. Kinder, Zeiss-Nachr. **2**, 100, 1937.

8) S. Czapski, Zeitschr. f. Instrumentenkunde **12**, 185, 1892.

setzt man die Prismenkombination zwischen einen auf ∞ fokusierten Kollimeter und eine Kamera, so daß die Messung letzten Endes auf die Abstandsmessung $s = f \cdot \varepsilon$ zweier Spaltbilder zurückgeführt ist.

3. Die Messung

Alle hier beschriebenen Verfahren liefern bei voller Ausnutzung der technisch möglichen Hilfsmittel annähernd dieselbe Meßgenauigkeit von etwa $1 \cdot 10^{-3}$ und sind außerdem auf den gleichen Absorptionsbereich anwendbar. Zu starke Absorption beeinträchtigt bei den interferometrischen Methoden das Interferenzbild in den höheren Ordnungen und beschränkt bei der Ablenkungsmethode, wie im letzten Falle, die ausnutzbare Apertur und damit die Winkelauflösung oder, wie bei der Fokometermethode, den ausnutzbaren Durchmesser und damit den Verschiebungsbereich der Linse auf dem Fokometertisch. Sowohl im experimentellen Aufwand als in der erzielbaren Genauigkeit besteht demzufolge kein wesentlicher Unterschied zwischen den genannten Methoden.

Die eingangs erwähnten Messungen an Farblösungen zur Ermittlung des wahren Brechungsvermögens wurden mit dem Fokometer ausgeführt. Die an verschiedenen wässerigen Lösungen gefundenen Werte sind in den Tabellen II und III zusammengefaßt.

Tabelle II

Messungen an Filterblau II ($\lambda = 5461$ Å)

$\alpha\,\mathrm{cm}^{-1}$	$\varkappa$	Fokometer n	Abbe-Refraktometer $n_{\mathrm{refl.}}$	Abbe-Refraktometer $n_{\mathrm{durchf.}}$ [9])
0	0	1,3345	1,3345	1,3345
12,1	$0{,}9 \cdot 10^{-4}$	1,3342	1,3345	1,3310
50,1	$3{,}8 \cdot 10^{-4}$	1,3343	1,3345	1,3126
501	$37{,}8 \cdot 10^{-4}$	1,3343	1,3344	—
1050	$78{,}8 \cdot 10^{-4}$	1,3338	1,3344	—

Tabelle III

Messungen an Amidonaphtholrot ($\lambda = 5780$ Å)

$\alpha\,\mathrm{cm}^{-1}$	$\varkappa$	Fokometer n	Abbe-Refraktometer $n_{\mathrm{refl.}}$	Abbe-Refraktometer $n_{\mathrm{durchf.}}$ [9])
0	0	1,3341	1,3341	1,3341
15	$1{,}2 \cdot 10^{-4}$	1,3370	1,3364	1,3327
30	$2{,}4 \cdot 10^{-4}$	1,3381	1,3381	1,3289
200	$15{,}9 \cdot 10^{-4}$	1,3575	1,3571	—

9) $n_{\mathrm{durchf.}}$ ist, wie in Arbeit 1) gezeigt worden ist, eine Funktion der Schichtdicke und damit eine Eigenschaft des verwendeten Instrumentes.

α bezeichnet die dekadische Extinktion, $\varkappa$ den wellenoptischen Absorptionsindex $\varkappa = \dfrac{\lambda}{4\pi n} \cdot \alpha$.

Neben den fokometrischen Meßwerten enthalten die Tabellen die mit einem Abbe-Refraktometer im durchfallenden und reflektierten Licht gemessenen Werte. Die Meßgenauigkeit beträgt bei den schwachen Extinktionen $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ und bei den starken $\pm 4 \cdot 10^{-4}$. Die Tabellen zeigen die völlige Übereinstimmung der fokometrischen mit den refraktometrisch im reflektierten Licht gefundenen Werten, während das im durchfallenden Licht gemessene Brechungsvermögen mit zunehmender Absorption immer mehr von dem wahren Brechungsvermögen abweicht.

Die Tatsache, daß das Abbe-Refraktometer im reflektierten Licht das richtige Brechungsvermögen mißt, überraschi zunächst, wenn man sich den starken Einfluß der Absorption auf die Intensitätskurve des reflektierten Lichtes in der Umgebung des Grenzwinkels der Totalreflexion vor Augen hält. Fig. 1 zeigt über einen größeren

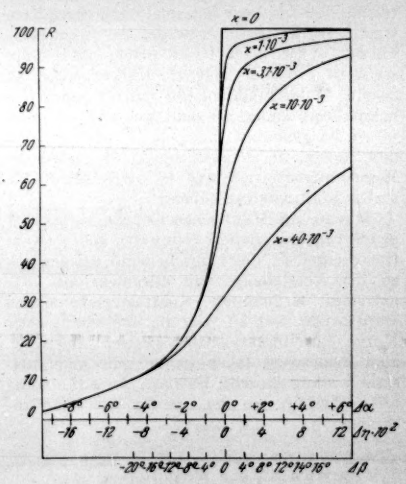

Fig. 1. Der berechnete Intensitätsverlauf des reflektierten Lichtes für $n = 0{,}96$ und für verschiedene Absorption $\varkappa$. Reflexionswinkel: α, das entsprechende Brechungsvermögen: n, Austrittswinkel hinter dem Fernrohr des verwendeten Abbe-Refraktometers: β.

Winkelbereich die theoretische Intensitätsverteilung [berechnet nach Gleichung (9) der Arbeit 1)]. So sieht das Auge beispielsweise bei den Kurven $\varkappa = 0$ und $\varkappa = 3{,}1 \cdot 10^{-3}$ innerhalb von $dn = \pm 4 \cdot 10^{-4}$ die „Grenzlinie der Total-

reflexion" in beiden Fällen an der gleichen Stelle liegen. Lediglich erscheint im letzteren Falle die Grenzlinie breiter und kontrastärmer als im ersten Falle. Um einen Eindruck von dem Abbildungsmaßstab zu vermitteln, sind auf der Abszisse die Winkelwerte $\Delta\beta'$ angegeben, unter denen das Auge hinter dem Refraktometerfernrohr die Intensitätsverteilung wahrnimmt. Daß zwei so verschiedenartige Kurven einen sichtbaren Kontrast an derselben Stelle ergeben, beruht auf der Eigenart des Auges, Kontraste wahrzunehmen.

4. Physiologische Kontraste

a) Machsche Kontrasttheorie

Die Frage, wann und wo das Auge überhaupt fähig ist, Kontrastlinien wahrzunehmen, ist eingehend von Mach[10])[11]) behandelt worden; vgl. auch Kühl[12]). Besonders die Arbeit[11]) enthält eine Fülle von Beispielen verschiedenartiger Intensitätskurven. Das Ergebnis der Machschen Untersuchung läßt sich kurz dahin zusammenfassen, daß das Auge jedesmal dann einen Kontrast bemerkt, wenn entweder die Intensitätskurve $y = f(x)$ einen Knick macht, also y' unstetig ist, oder bei „glatten" Kurven, wenn der zweite Differentialquotient einen ausgezeichneten Wert annimmt, d. h. wenn $y'' = 0$ oder y'' ein Extremum ist (nach Kühl auch noch an den Stellen, wo y'' unstetig ist). Besonders die Wendetangente ($y'' = 0$) ist nach Mach für starke Kontraste maßgebend.

Das aus der Machschen Kontrasttheorie folgende Ergebnis, daß Extremwerte von y'' Kontraste ergeben, führt anscheinend gelegentlich zu der Vorstellung, daß allgemein die Orte extremer Krümmung Kontrasterscheinungen verursachen. Nun ist zwar die Krümmung einer Kurve eine Funktion der zweiten Ableitung, aber keineswegs fallen immer, wie man analytisch sofort einsieht, Extrema der Krümmung mit Extremwerten der zweiten Ableitung zusammen[13]).

10) E. Mach, Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wiss. Wien, **52**, 303, 1865.

11) E. Mach, Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wiss. Wien, **115**, 633, 1906.

12) A. Kühl, Zeitschr. f. ophthalm. Optik **8**, 129, 1920; Physikal. Zeitschr. **29**, 1, 1928.

13) Ein einfaches Beispiel hierfür ist die Funktion $y = x^{\frac{1}{3}}$, deren Krümmungsmaxima an den Stellen $x_k = \pm 45^{-3/4}$; $y_k = \pm 45^{-1/4}$ liegen, während die Kurve überhaupt kein Maximum der zweiten Ableitung besitzt. An der Stelle $x_0 = 0$; $y_0 = 0$ hat die Kurve einen Wendepunkt. Dort ist also nach der Machschen Theorie eine Kontrastlinie zu erwarten, während die Theorie über das Verhalten bei x_k; y_k keinerlei Aussagen macht. Ein Versuch, die beschriebene Intensitätsverteilung mit Hilfe einer entsprechend geschwärzten rotierenden Scheibe nachzuahmen, ergab in der Tat eine scharfe Kontrastlinie am Ort der Wendetangente, während die Stellen maximaler Krümmung keinerlei Besonderheiten aufwiesen.

Die Betrachtung einiger analytisch einfach darstellbarer Intensitätsverteilungen legt die Vermutung nahe, daß das Auge auch bei den in Fig. 1 gezeigten Intensitätskurven Kontrastlinien am Ort der Wendetangente sieht. Wenn man eine solche Kurve auf einen Zylindermantel aufzeichnet und die Mantelfläche entsprechend schwärzt, so läßt sich bei rascher Rotation des Zylinders ein winkelgetreues Abbild der Intensitätsverteilung erzeugen, die sich dem Auge bei der Messung absorbierender Flüssigkeiten mit dem Abbe-Refraktometer darbietet. Der Versuch ergibt, daß innerhalb einer Genauigkeit von $dn = \pm 5 \cdot 10^{-3}$ für die in Fig. 1 gezeigten Kurven ($\varkappa = 0$ bis $\varkappa = 10 \cdot 10^{-3}$) die Grenzlinie an derselben Stelle erscheint. Ganz offensichtlich nimmt also auch hier das Auge den Ort der Wendetangente wahr, und es bleibt nun noch festzustellen, wie die Lage des Wendepunktes von der Absorption abhängt.

b) Die analytische Bestimmung des Wendepunktes

Die analytische Bestimmung des Wendepunktes ist bei der komplizierten Gestalt der Reflexionsformel [Gleichung (9) in Arbeit[1])] nicht streng durchführbar, aber das folgende Näherungsverfahren führt mit hinreichender Genauigkeit zum Ziel. Für eine Anzahl gleichabständiger Abszissenpunkte α wird das Reflexionsvermögen r berechnet und sodann das Maximum der Kurve $\Delta r = f(\alpha)$ graphisch oder numerisch bestimmt. Die Rechnung wurde für $\varkappa = 3{,}1 \cdot 10^{-3}$ ausgeführt, d. h. für diejenige Absorption, die noch eine zur Messung brauchbare Grenzlinie ergibt. Dabei zeigt sich nun, daß tatsächlich die Lage des Wendepunktes von der Absorption nahezu unabhängig ist. Er ist nämlich gegenüber der Grenzlinie der Totalreflexion (d. h. dem Knick in der Kurve $\varkappa = 0$) um nur $0{,}063° \pm 0{,}004°$ zu kleineren Winkelwerten verschoben. Das bedeutet, daß das gemessene Brechungsvermögen um $dn = 1{,}3 \cdot 10^{-3}$ zu klein ausfällt, ein Fehler, der durchaus noch tragbar erscheint, wenn man berücksichtigt, daß ohnehin bei absorbierenden Flüssigkeiten auch mit anderen Methoden die Meßgenauigkeit kaum größer ist.

Die unerwartet gute Übereinstimmung der fokometrischen Werte mit den Ergebnissen des Abbe-Refraktometers wird also durch die Machsche Kontrasttheorie vollauf bestätigt. Wie die Tabellen II und III zeigen, ist sogar die experimentell gefundene Übereinstimmung etwas

besser als die theoretisch erwartete. Allgemein ist zu sagen, daß Totalrefraktometer im reflektierten Licht richtige Resultate ergeben, solange überhaupt eine Kontrastlinie beobachtet werden kann, daß aber die Messung im durchfallenden Licht aus den schon in Arbeit[1]) erläuterten Gründen falsche Ergebnisse liefert, wenn die Absorption zu stark ist.

Zusammenfassung

1. Der in einer früheren Arbeit theoretisch gefundene und experimentell bestätigte Intensitätsverlauf des an einem absorbierenden Mittel reflektierten Lichtes macht es wahrscheinlich, daß die Messung des Brechungsvermögens absorbierender Flüssigkeiten mit Hilfe der Totalreflexion systematischen Fehlern unterliegt.
2. Zur näheren Untersuchung dieser Fehler werden Methoden angegeben, mit deren Hilfe eine genaue Messung des Brechungsvermögens ohne Beeinflussung durch Absorption möglich ist.
3. An einer dieser Methoden (Newtonsche Ringe) wird die grundsätzlich erzielbare Meßgenauigkeit diskutiert und ein besonders einfaches Auswertungsverfahren angegeben, welches die n-Messung auf die Messung einer Länge, nämlich der Brennweite einer durch die Newtonschen Ringe gebildeten Zonenplatte, zurückführt.
4. Mit der „Fokometermethode" wird das Brechungsvermögen einiger Farblösungen gemessen und mit den Werten verglichen, die ein Abbe-Refraktometer im durchfallenden und reflektierten Licht ergibt. Während die Messung im durchfallenden Licht bei Absorption zu fehlerhaften Resultaten führt, befinden sich die im reflektierten Licht erhaltenen Meßergebnisse in völliger Übereinstimmung mit den fokometrischen Werten.
5. Der Grund dafür wird in der Eigentümlichkeit des Auges gefunden, gemäß der Machschen Kontrasttheorie den Ort der Wendetangente einer Intensitätskurve als Lage der Grenzlinie anzusprechen. Diese Tatsache wird durch Modellversuche mit rotierenden Zylindern, die ein Bild der berechneten Intensitätskurven erzeugen, bestätigt. Die analytische Bestimmung des Wendepunktes bestätigt ferner dessen geringe Abhängigkeit von der Absorption.

Herrn Dr. G. Hansen danke ich herzlich für das dieser Arbeit entgegengebrachte Interesse und für viele anregende Diskussionen.

(Eingegangen 2. November 1940)

BESPRECHUNGEN

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder vom Verlag angezeigten Bücher sind in allen deutschen Buchhandlungen zu erhalten

L. Fink, Photographische Meßtechnik. Gr.-8°. 227 S. Mit 8 Tafeln und 174 Abbildungen. München und Berlin 1940. R. Oldenbourg. In Leinen RM 11,50.

Vorliegendes Bändchen gibt eine treffliche Einführung in die Meßverfahren, welche sich zumeist der photographischen und kinematographischen Aufnahmetechnik bedienen. Ihre Anwendung eröffnet dem Messenden Bereiche, denen sonst durch die Unvollkommenheit unserer Sinnesorgane Grenzen gesetzt sind. So werden neben einer Einführung in die photographische Optik die wichtigsten Aufnahmegeräte und Arbeitsweisen, vor allem die photographische Registrierung, Zeit- und Wegmessung, Längen- und Ortsbestimmung sowie die photographische Photo- und Thermometrie behandelt.

Das Werk schließt eine fühlbare Lücke, welche bisher zwischen dem Schrifttum der angewandten Photographie und dem der Meßtechnik klaffte. Es zeichnet sich durch hervorragende Abbildungen aus, ferner dadurch, daß es schon den letzten Stand dieser Art Meßverfahren berücksichtigt; schade nur, daß die meisten Fußnoten falsch oder ungenau sind. Selbst eigene Arbeiten des Verfassers sind falsch zitiert. Hoffentlich sind bei der nächsten Auflage diese kleinen Schönheitsfehler ausgemerzt, damit das sonst verdienstvolle Bändchen auch in dieser Hinsicht die dem Meßtechniker vertraute Genauigkeit aufweist. Rzymkowski

W. Gentner, H. Maier-Leipnitz, W. Bothe, ‚Atlas typischer Nebelkammerbilder mit Einführung in die Wilsonsche Methode.' Mit 18 Figuren und 125 Aufnahmen. V und 125 Seiten. Verlag Julius Springer, Berlin 1940. Preis: RM 25.80

Die außerordentliche Wichtigkeit und Tragfähigkeit der Wilsonschen Nebelkammer-Methode für die Erforschung aller Erscheinungen, bei denen schnelle ionisierende Teilchen primär oder sekundär beteiligt sind, ist heute für jeden Physiker so selbstverständlich, daß hier nicht erst die Notwendigkeit begründet zu werden braucht, sich in vielen Teilgebieten der neuen Physik eingehend mit dieser Methode zu beschäftigen. Die Verfasser geben in

ihrem Atlas einen sehr umfassenden Überblick über die mit der Wilson-Kammer bearbeiteten Probleme aller dieser Gebiete wie: Radioaktive Erscheinungen, Physik der Röntgen- und γ-Strahlung, Kernphysik und kosmische Ultrastrahlung. Die Besonderheit des vorliegenden Werkes besteht darin, daß jeder der Wilson-Methode zugängliche Prozeß an Hand sehr gut ausgewählter typischer Nebelkammeraufnahmen besprochen wird, und zwar so, daß der unter oder neben die Figur gesetzte Text in möglichst kurzer und doch eindringlicher Form alles Wesentliche herausstellt, das aus der Betrachtung der Aufnahme geschlossen werden kann. Die einzelnen Aufnahmen und die einzelnen Aufnahmegruppen sind dabei im allgemeinen so geordnet, daß von einfachen zu zusammengesetzten Problemen fortgeschritten wird und damit der Eindruck eines strengen logischen Zusammenhangs entsteht. Wenn daher die Verfasser in ihrem Vorwort den Atlas als einen „anschaulichen Abriß der heutigen Physik der energiereichen Strahlen" bezeichnen, so muß das in diesen Worten aufgestellte Programm als sehr gut durchgeführt betrachtet werden.

Die Reproduktion der Bilder ist ausgezeichnet. Das Werk gewinnt an Bedeutung dadurch, daß vor allem die besten Bilder der auf dem Gebiet der Wilson-Aufnahmen besonders erfolgreichen Forscher, und zwar häufig bisher unveröffentlichte Bilder zur Darstellung kamen.

Damit der Leser oder Betrachter auch einen möglichst guten Einblick in die technischen Bedingungen und Schwierigkeiten der Methode gewinnen kann, ist dem eigentlichen Bildteil ein Textteil vorangestellt, der sich eingehender mit Aufbau und Betrieb der Wilson-Kammer beschäftigt und auch die nötigen Hilfsapparate wie Lichtquellen, Magnete, Steuereinrichtungen usw. kurz behandelt. Diagramme über Ionisierungsvermögen, Absorption und Energie-Reichweite-Beziehung der verschiedenen Strahlenarten und ein Literaturverzeichnis schließen diesen Teil ab, der ebenso nützlich für den ist, der nur die Bedeutung der schönen Bilder des Hauptteils verstehen will, wie für denjenigen, der selbst Wilson-Aufnahmen zu machen beabsichtigt.

W. Ramm

R. W. Pohl, Einführung in die Optik. (Format 18 × 25 cm.) VIII und 320 S. Mit 564 Abbildungen, 21 Tabellen, 1 Farbtafel. Berlin 1940. Julius Springer. Geb. RM 18.60.

Man darf wohl sagen, daß dieses Buch mit größtem Interesse von den Fachkreisen erwartet wurde. Diese Erwartungen haben sich in jeder Hinsicht erfüllt. Gewidmet dem Altmeister der Quantenmechanik Max Planck, „dem Entdecker der universellen Naturkonstanten h", trägt es die charakteristischen Züge der besonderen Gestaltungskraft des Verfassers. Mit ihm und der im Vorwort in Aussicht gestellten Neuauflage des Mechanikbandes, in dem zukünftig auch eine Darstellung der Wärmelehre zu finden sein wird, liegt dann ein Querschnitt durch das gesamte Gebiet der Physik vor.

Wie immer, stellt der Verfasser auch diesmal das Experiment an die erste Stelle. Aus diesem heraus werden die Gesetze gefolgert und schließlich durch rechnerische Ableitungen ergänzt. Letztere sind so gehalten, daß sie vom Anfänger ohne Schaden für das Verständnis späterer Kapitel überschlagen werden können. Zahlreiche klare Abbildungen illustrieren das Geschriebene. In den Bildunterschriften und in kleinen Anmerkungen sind technisch wichtige Anweisungen und Winke für Versuche untergebracht. Der Text ist dem Stoff gewidmet. Das in den Bildunterschriften Gesagte wird nicht wiederholt. Überhaupt ist es erstaunlich, in welch knapper und dabei doch klarer Form die Fülle von Tatsachen und die große Zahl der schönen Versuche auf allen Gebieten der Optik gebracht werden.

Gleich im ersten Satz trennt der Verfasser alle Fragen, die mit Empfindung, also mit Physiologie oder Psychologie zusammenhängen (z. B. den Farbbegriff), scharf von denjenigen der rein physikalischen Optik ab. Die letzteren werden dann weiter behandelt. Erst am Schluß des Buches stellt ein besonderes Kapitel den Zusammenhang zu den ersteren im täglichen Leben oft an uns herantretenden Begriffen, wie Farbe, Glanz, Lichtstärke usw., her. Diese Abgrenzung gibt die Möglichkeit einer einheitlichen Behandlung der Strahlung aller Wellenlängen. Sie macht manche mehr oder weniger willkürliche Definitionen — wie sie sich als Dimensionsbegriffe Lux, Lumen, Stilb äußern und wie sie sich für Farbangaben, wie bunt, weiß, gedeckt, leider ergeben — unmöglich. Doch letzten Endes müssen wir ja mit unseren Augen beobachten, also auch die Experimente beurteilen. Man sollte deshalb auch die physiologischen Effekte, insbesondere die Täuschungsmöglichkeiten, gut kennen, damit man objektive, rein physikalische Optik treiben kann. Man bedauert, daß dieses Kapitel etwas knapp ausgefallen ist, vor allem aber auch deshalb, weil der Verfasser die gebotene „Auswahl aus der Fülle des Stoffes" so anregend geschrieben hat, daß man gern noch mehr darüber lesen würde.

Das Buch ist in 14 Kapitel unterteilt. Das erste gibt einen einführenden Überblick über die optischen Grunderscheinungen, insbesondere über Reflexion und Brechung. Es wird von Anbeginn auf die Wellennatur des Lichtes zurückgegriffen. Der Lichtstrahl gilt nur als eine in manchen Fällen vereinfachende Darstellungsmöglichkeit. Schon im zweiten Kapitel werden, gerade um die engen Grenzen des Begriffes „optischer Strahl" herauszustellen, das Wesen der Abbildung und die Bedeutung der Bündelbegrenzung, d. h. der Beugung dafür, besprochen. Die Abbildungsgesetze der Linsen sind vorangestellt, die der Spiegel — entgegen der üblichen Art — auf den ihnen ihrer geringeren Bedeutung nach zukommenden zweiten Platz verwiesen. Das dritte Kapitel behandelt die optische Abbildung im besonderen. Gerade in diesem sehr anschaulich und interessant geschriebenen Kapitel findet man eine überaus große Zahl von praktischen Anweisungen für Laboratorium und Hörsaal. Auch werden besondere Fragen, z. B. die der räumlichen Abbildung, bzw. die der Bildperspektive eingehender behandelt.

Das vierte Kapitel ist der Energie der Strahlung und den damit zusammenhängenden Begriffen: Bestrahlungsstärke, Energietransport gewidmet. Die beiden folgenden Kapitel behandeln Interferenzerscheinung und Beugung. Hier ist besonders die klare Formulierung der Begriffe: Auflösungsvermögen, Kohärenzlänge, Erzeugung von Wellengruppen im Spektralapparat, hervorzuheben. Die Beugung an Raumgittern wird in sehr schönen Schauversuchen mit Schallwellen nachgebildet. Kapitel 7 bringt Lichtgeschwindig-

keit und Doppler-Effekt, Kapitel 8 die Polarisationserscheinungen. Damit wird der Leser fast unmerklich zu dem Begriff des elektrischen Lichtvektors hingeführt, ohne daß dieser zunächst als solcher bezeichnet wird. Es folgen zwei Kapitel über Reflexion, Brechung und Absorption des Lichtes bzw. Streuung und Dispersion, soweit diese Dinge klassisch betrachtet werden können. Hierbei, also bei der Darstellung der Maxwellschen elektromagnetischen Lichttheorie und der zugehörigen Beobachtungstatsachen erfolgt die endgültige Einführung des Lichtvektors. Sehr klar werden dabei selbst komplizierte Dinge, wie die metallische Reflexion, gebracht.

Im neunten Kapitel wird schließlich auf Grund des Photoeffektes das Plancksche Wirkungsquantum eingeführt und damit die quantenhafte Absorption und Emission der Atome behandelt. Röntgenspektren und sichtbares Spektrum werden auf gemeinsamer Grundlage dargestellt. Die Quantenmechanik der Molekülspektren sind Gegenstand des nächsten Kapitels, das einen sehr schönen Anhang über die Temperaturstrahlung enthält. Fluoreszenz, Phosphoreszenz und Photochemie werden als von Natur zusammengehörend einheitlich und geschlossen behandelt. Liegen ja auch auf diesen Gebieten besonders wichtige eigene Forschungsarbeiten des Verfassers vor. Der physikalische Teil endet in einem Abschnitt über den Dualismus von Welle und Korpuskel, an den sich das schon erwähnte Schlußkapitel anschließt.

Überall finden sich Hinweise auf technisch interessante Anwendungen und umstrittene, teils unbekanntere, doch wegen ihrer Eigenart interessierende Fragen sind ebenfalls angeschnitten (z. B. grüner Strahl, S. 182, Chlorophyllproblem, S. 269). Das Buch hat einen besonderen Charakter, es ist ganz und gar anders als die Optikbücher, die wir sonst kennen. Es ist eben ganz ein Werk Pohls. Es wird für den Anfänger eine sehr gute und klare Einführung in die *physikalische* Optik sein, für den älteren Experimentator ist es eine Fundgrube schöner Versuche und guter Ratschläge. F. Horst Müller

Dr. Wilhelm Volkmann, Elemente physikalischer Experimentierkunst. VIII u. 173 S. Mit 141 Abbildungen. Bonn u. Berlin 1940. Verlag von Ferd. Dümmler. Geb. RM 4.80.

Das Buch ist für Physiklehrer an höheren Schulen von einem anerkannten Fachmann geschrieben. Er zeigt vor allem die vielseitige Verwendbarkeit seines „Aufbaugerätes" für den Aufbau einfacher, billiger und doch zweckmäßiger Schulversuche. Dem Hochschullehrer fällt auch hier wieder der große Unterschied zwischen Schulphysik und Hochschulphysik auf, der immer dringender mahnt, endlich zu einer sorgfältigen planvollen Ausbildung der Physiklehrer im Experimentieren überzugehen. Möbius

Vorlesungsverzeichnis für das 3. Trimester 1940

Universität Basel. **Hagenbach:** Experimentalphysik II, 6; Physikalisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl., für Anfänger, 8; Physikalisches Kolloquium (mit Kuhn, Zickendraht, Wehrli, Miescher und Fierz), 14tägig, 2 *g*. — **Matthies:** Mechanik der Kontinua, 4, Übungen, 1; Theorie der Wärmestrahlung und der Quanten, 4, Übungen, 1; Repetitorium der theoretischen Physik, 3. — **Zickendraht:** Hochfrequente Wechselströme II, insbesondere Elektronenröhren, 2; Hochfrequenz-Praktikum, 3; Repetitorium der Elektrizitätslehre, 1. — **Zehnder:** Die tiefsten Grundlagen der Physik und Chemie, 1; Geschichte der Physik, 1. — **Bürki:** Photographisch-chemische Übungen, 3; Repetitorium der physikalischen Chemie, 1. — **Wehrli:** Ausgewählte Kapitel der Kristallphysik, 1; Seminar über neuere Probleme der Physik (mit Miescher und Fierz), 14tägig, 2 *g*. — **Miescher:** Radioaktivität und Physik der Atomkerne, 1; Höhere Optik I, 1. — **Fierz:** Quantentheorie, 2; Theoretisch-Physikalisches Proseminar, 1. —

Universität Berlin. **Gerthsen:** Experimentalphysik für Naturwissenschaftler: Elektrizität und Optik, 5, für Mediziner, 3; Licht und Materie, mit Experimenten, 1 *g*; Besprechung neuerer physikalischer Arbeiten (mit Kneser und Meixner), 2 *g*; Physikalisches Anfängerpraktikum, 7; Physikalisches Praktikum für Mediziner, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten (Doktoranden) (mit Kneser), tägl. — **Landt:** Experimentalphysik I: Mechanik, Wärmelehre, Akustik, für Mediziner, 3; Physikalisches Meßpraktikum für Mediziner, 2; Selbständige physikalische Arbeiten, tägl. — **Orthmann:** Experimentalphysik für Wehrmachtsmeteorologen, 4; Physikalisches Praktikum für Wehrmachtsmeteorologen, 4. — **Kneser:** Experimentalphysik für Fortgeschrittene: Elektrizität und Magnetismus, 2; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene, 8. — **Meixner:** Thermodynamik und kinetische Gastheorie, mit Übungen, 5; Elastizitätstheorie und Hydrodynamik, 2. — **Henning:** Einführung in die Theorie der Wärmestrahlung, 2. — **Kohler:** Elektrodynamik, 4. — **Kolhörster:** Höhenstrahlung II, 1; Besprechungen von Arbeiten über Höhenstrahlen und Kernphysik (mit Philipp), 2 *g*; Arbeiten über Höhenstrahlung, tägl.; Probleme der Geophysik, 1. — **Gehrcke:** Ausgewählte Gebiete der Optik, 1. — **Philipp:** Künstliche Umwandlungen des Atomkerns, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten in der Kernphysik, tägl. — **Schüler:** Ausgewählte Kapitel der spektroskopischen Atomphysik, 1; Spektroskopisches Praktikum, 4; Atomphysikalische Forschungsarbeiten, tägl. — **Schreiber:** Röntgenstrahlen II: Anwendungen, nach Vereinbarung. — **v. Auwers:** Lichtelektrischer Effekt, 1. — **Hinderer:** Strahlenoptik der Elektronen, 1. — **Menzer:** Elektronenbeugung an Kristallen, 1. — **Maurer:** Hochvakuumtechnik, 1. — **Justi:** Neuere Probleme der technischen Thermodynamik, 2; Metallphysikalische Forschungsarbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Skaupy:** Technische Anwendungen der elektrischen Entladungen, 1. — **Kiebitz:** Physikalische Grundlagen der drahtlosen Telegraphie, 1. — **v. Weizsäcker:** Grundlagen der physikalischen Erkenntnistheorie, 1. — **v. Laue:** Seminar für mathematische Physik (mit Dinghas und Meixner), 2; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Schumann:** Physikalisches Praktikum, nach Vereinbarung; Wehrphysikalische Arbeiten (Doktoranden), tägl.; Sprengstoffphysikalische und theoretisch-ballistische Forschungsarbeiten, tägl. — **Friedrich:** Radiologisches Praktikum: Licht, Röntgen,

Radium für Mediziner und Naturwissenschaftler (mit Schreiber), nach Vereinbarung; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Strahlenforschung (mit Risse und Schreiber), tägl. außer Sonnabend. — **Brandt:** Experimentierübungen mit schulgerechten Hilfsmitteln (mit Möller und Schütt), 2 *g*. — **Zistler:** Allgemeine Meteorologie II, 2; Praktische Wetterkunde II, 2. — **Robitzsch:** Aerologische Arbeitsmethoden, nach Vereinbarung; Übungen zur meteorologischen Instrumentenkunde (Meßpraktikum), 2; Leitung eigener Arbeiten, tägl. außer Sonnabend *g*. — **Kähler:** Sonnen- und Himmelsstrahlung, 1; Übungen aus dem Gebiet der Meteorologie, atmosphärischen Elektrizität und Strahlung, 2; Übungen für Fortgeschrittene, tägl. — **Stumpff:** Statistische Methoden in der Naturforschung, mit besonderer Berücksichtigung der Geophysik, 2. — **Defant:** Meteorologisches und geophysikalisches Kolloquium (mit Zistler und Ertel), 2 *g*; Grundlagen der Nautik, 2; Wissenschaftliche Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend. — **Knoch:** Anleitung zu meteorologisch-klimatologischen Arbeiten, nach Vereinbarung *g*. — **Rössiger:** Einführung in die Geophysik, 2; Geophysikalische Übungen, 2 *g*; Anleitung zu Forschungsarbeiten, tägl. — **Kölzer:** Geschichte des Wetterdienstes I, 1. — **Ertel:** Differential- und Integralrechnung für Wehrmachtsmeteorologen II, 3, Übungen, 2; Einführung in die theoretische Physik für Wehrmachtsmeteorologen, 3, Übungen, 2. — **ten Bruggencate:** Spektroskopische Hilfsmittel und Methoden der Astrophysik, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Sonnenphysik, tägl. —

Technische Hochschule Berlin. **Geiger:** Experimentalphysik II, 2; Physikalische Übungen für Fortgeschrittene (mit Haxel), 8; Anleitung zu Forschungsarbeiten, tägl.; Theorie und Wärme, 3; Übungen in theoretischer Physik, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Haxel), 2 *g*. — **Westphal:** Physikalische Übungen I für Physiker, 4, Ergänzungen, 2 für Bergbauer, Hütteningenieure und Markscheider, 4. — **Haxel:** Mechanik für Physiker II, 2, Übungen, 2; Kernphysik, 2. — **Oberdorfer:** Grundlagen der Elektrotechnik I, 2. — **Kömmnick:** Ausgewählte Kapitel der technischen Physik, nach Vereinbarung; Physikalisch-technisches Praktium, nach Vereinbarung; Seminar für Forschungsergebnisse auf dem Gebiete der technischen Physik und Ballistik (Studienarbeiten), nach Vereinbarung; Ballistik II: Theorie, nach Vereinbarung; Physikalisch-technische Forschungsarbeiten: Diplom- und Doktorarbeiten, tägl. — **Picht:** Atomphysik II: Wellenmechanik, Matrizenmechanik, 2, Übungen, nach Vereinbarung; Elektronenoptik, 2, Übungen, nach Vereinbarung. — **Mönch:** Vakuumtechnik im Forschungslaboratorium, 1; Anleitung zu Forschungsarbeiten, tägl. — **Hertz:** Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten, tägl. — **Ramsauer:** Physikalisch-technische Arbeiten, nach Vereinbarung. — **Schachenmeier:** Ausgewählte Probleme der theoretischen Physik, 1; Allgemeine Meßtechnik, 2. — **Nikuradse:** Elektronen- und Ionenlehre, 3; Grundlagen der Elektronen- und Ionenlehre, 3. — **Knoll:** Röhrentechnik I, 1½; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten aus dem Gebiet der Röhrentechnik, nach Vereinbarung. — **Mierdel:** Elektrische Gasentladungen II (Anwendung), nach Vereinbarung; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Gasentladung, nach Vereinbarung. — **Cauer:** Theorie der linearen Wechselstromschaltungen II: Netzwerke, 14tägig, 2. — **Frerichs:** Besprechung neuerer physikalischer Experimente, 1. — **Hofmann:** Röntgen-Strukturuntersuchungen I, 2, II, 2. — **Weidert:** Geometrische Optik II, 2, Übungen, 2; Seminar für optisches Rechnen II, 2; Theorie und Wirkungsweise der optischen Instrumente II, 2; Übungen im Gebrauch optischer Instrumente II, 4; Optische Laboratoriumsarbeiten für Fortgeschrittene, tägl.; Lichtkundliche Übungen: Lichttechnik, optische Instrumente, Photographie (mit Arndt und Stenger), 2; Optisches Kolloquium (mit Picht), 1½. —

Universität Bern. **Greinacher:** Experimentalphysik: Wärme, Elektrizität, Magnetismus, 5, Ergänzungen, 1; Repetitorium der Physik, 1; Physikalisches Kolloquium (mit Mercier), nach Vereinbarung; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4, für Vorgerücktere, 3 halbe Tage; Physikalisches Vollpraktikum, tägl. — **Mercier:** Theoretische Physik II: Mechanik, 3, Übungen, 1, VI: Statistische Mechanik und kinetische Theorie der Gase, 1; Einige mathematische Hilfsmittel des Physikers, 1; Seminar: Tensoranalysis und allgemeine Relativitätstheorie, 2. — **Koestler:** Einführung in die mathematische Behandlung naturwissenschaftlicher Probleme, 1–2; Mechanik: Statik und Dynamik des starren Körpers, 2; Elektrische Wechselströme in komplexer Behandlung: Symbolische Methode, 1; Elektrische Schwingungen, Ausgewählte Kapitel, 2. — **König:** Technische Optik, einschließlich Licht- und Farbmessung, mit Demonstrationen, 3. —

Universität Bonn. **Füchtbauer:** Experimentalphysik: Elektrizität, Wärme, für Naturwissenschaftler, 4, für Mediziner, 3; Physikalisches Praktikum, 8, für Mediziner, 3, für Fortgeschrittene, tägl.; Leitung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten, tägl. — **Weizel:** Elektrodynamik und Optik, 4, Übungen, 1 *g*; Relativistische Wellenmechanik: Diracsche Theorie, 2 *g*. — **Schmitz:** Grundlagen der Elektrotechnik, 1. — **Dreisch:** Wärmestrahlung, 1. — **Fachschaft Physik:** Physikalischer Arbeitskreis, 1 *g*. —

Technische Hochschule Braunschweig. **Cario:** Experimentalphysik I: Elektrizität und Optik, 3, III, 2; Physikalisches Praktikum I und II, 8; Seminar über Atomphysik (mit Stille), 1; Physikalisches Kolloquium (mit Diesselhorst, Lübcke und Stille), 14tägig, 2 *g*; Selbständige Arbeiten auf dem Gebiete der Physik, tägl. — **Diesselhorst:** Grundzüge der Relativitätstheorie, 1. — **Bergwitz:** Radioaktivität I, 1, Übungen, 2; Physik der Röntgenstrahlen, 1. — **Lübcke:** Ausgewählte Abschnitte der technischen Physik, 1; Technische Akustik I, 14tägig, 1, Übungen, 1; Physikalisch-technische Arbeiten im Laboratorium, tägl. — **Stille:** Theoretische Physik I: Elektrizität und Magnetismus, 2, Übungen, 2; Einführung in die Quantenphysik I, 1. — **Hübner:** Atom- und Molekülspektren II, 1. —

Universität Breslau. **Schaefer:** Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 4; Physikalisches Kolloquium (mit Steubing, Fues, Bergmann), 2; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 3 und 6, für Medizinier, 2, für Fortgeschrittene (mit Steubing), tägl. — **Steubing:** Apparate und Methoden der Spektroskopie, 1; Handfertigkeitspraktikum, 3; Seminaristisch-didaktische Übungen (mit Groß), 2; Übungen in der Ausführung physikalischer Experimente im Schulunterricht (mit Groß), 2. — **Fues:** Theoretische Physik: Thermodynamik und Statistik, 5, Übungen, 2; Seminar über neuere Fragen

der theoretischen Physik, 2. — **Jüttner:** Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik, 2. — **Groß:** Schulphysik I: Ausgewählte Kapitel aus Mechanik, Akustik, Wärmelehre, als Einführung in die Experimentierübungen, 1; Großtaten deutscher Technik, mit Experimenten und Besichtigungen, 3. — **Bergmann:** Hochfrequenz-Praktikum, 2. — **Mintrop:** Angewandte Geophysik, 1, Übungen, 1. —

Technische Hochschule Breslau. Bergmann: Experimentalphysik II, 8; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schuster), 3, für Bauingenieure, 2, für Fortgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Schaefer), 2; Physikalisches Seminar (mit Schuster), 2; Besprechung, 3. — **Fues:** Theoretische Physik: Mechanik I, 4, Übungen, 2; Seminar über Fragen der theoretischen Physik, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Bergmann, Schaefer und Steubing), 2. — **Schuster:** Akustische Meßtechnik, 2. —

Technische Hochschule Brünn. Lohr: Experimentalphysik II, 3; Physikalisches Praktikum, 8; Physikalisches Kolloquium, 1. — **Ondra:** Praktische Photographie II, 1, Übungen, 2. —

Bergakademie Clausthal. Valentiner: Experimentalphysik II: Optik, Elektrizität, Magnetismus, 4; Wärmelehre, 2; Ausgewählte Kapitel der Metallphysik II, 1; Physikalisches Praktikum II, 3. — **Jung:** Geophysik II: Erdmagnetismus, magnetische, elektrische, radioaktive und geothermische Aufschlußmethoden, 2; Angewandte Geophysik, 2; Geophysikalisches Praktikum II, 3; Photogrammmetrie und Luftbildwesen, 1. —

Technische Hochschule Danzig. Buchwald: Ältere Quantentheorie, 4, Übungen, 14tägig, 1 *g*; Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl.; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene I (mit Kossel), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Kossel), 1 *g*; — **Kossel:** Experimentalphysik: Wärme, Elektrizität, 4, Ergänzungen, 1 *g*; Kleines physikalisches Praktikum, 4 und 3; Elektronenoptik, 1; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene II, tägl.; Physikalisches Praktikum für fortgeschrittene Elektrotechniker, 4; Besprechung laufender physikalischer Arbeiten, 3 *g*. — **König:** Atomphysik, 2; Photographisches Praktikum, 4; Ferromagnetismus I, 1. —

Technische Hochschule Darmstadt. Rau: Experimentalphysik unter besonderer Berücksichtigung der technischen Anwendungen: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Schwingungslehre, einschließlich Akustik, Geometrische Optik, Farbenlehre, Wellenlehre des Lichtes, 5; Physikalisches Praktikum, 9, für Fortgeschrittene, 12; Ausgewählte Kapitel aus der Physik, 1; Physikalisches Seminar, 1 *g*; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik (mit Finkelnburg), nach Vereinbarung; Physikalisches Kolloquium (mit Scherzer und Vieweg), 1 *g*. — **Vieweg:** Technische Physik mit physikalischer Meßkunde: Ausgewählte Abschnitte aus Wärmelehre (Strahlung) und Optik (geometrische Optik und optische Instrumente), 3; Ausgewählte Abschnitte aus Mechanik (Reibung) und Elektrizitätslehre (Gasentladungen), 3; Registrierungen u. a. besondere Meßverfahren, 1; Physikalische Laboratoriumstechnik, 1; Übungen in technischer Physik, 6; Arbeiten in technischer Physik für Fortgeschrittene, 12; Selbständige Arbeiten in technischer Physik, nach Vereinbarung; Seminar über Fragen der technischen Physik, 1 *g*. — **Scherzer:** Theorie der Wärme, 3, Übungen, 2; Hydrodynamik, 3, Übungen, 2; Ausgewählte Fragen der Quantentheorie, 1; Anleitung zu selbständigen theoretisch-physikalischen Arbeiten, nach Vereinbarung; Theoretisch-physikalisches Kolloquium (mit Finkelnburg und Fischer), 1. — **Stintzing:** Röntgentechnik: Interferenzverfahren, Spektroskopie, 2, Übungen, 1; Röntgenpraktikum I, 3, II, 6; Selbständige Arbeiten auf dem Röntgengebiet, tägl.; Seminar für Struktur und Röntgenfragen (mit Neuhaus), 1; Wissenschaftliche Grundlagen und technische Anwendungen der Röntgenphotographie, 1; Röntgenphotographisches Praktikum, 3. — **Finkelnburg:** Physik für Bauingenieure: Mechanik, Wärme, Optik, 3; Atomphysik I, 2, III: Molekülphysik, Struktur der Materie, angewandte Atomphysik, 2. — **Fischer:** Einführung in die theoretische Physik, 2, Übungen, 2; Physik der Gasentladungen, 2. — **N. N.:** Physikalischer Apparatebau, 1, Übungen, 1; Maschinenzeichnen für Flugmeteorologen, 2, Übungen, 2. — **Georgii:** Spezielle Flugmeteorologie, 2. —

Technische Hochschule Dresden. Stuart: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, 4; Physikalisches Praktikum I, 3 und 6, II, 9; Selbständige Arbeiten im Physikalischen Institut, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Falkenhagen und Wiedmann), 14tägig, 1 *g*. — **Falkenhagen:** Theoretische Physik: Atomphysik, 3; Ausschnitte aus der Mechanik, 2, Übungen, 1; Größere physikalische Arbeiten, tägl. — **Teichmann:** Einführung in die Quantenphysik II, 14tägig, 1. — **Wiedmann:** Radioaktivität und Isotopenlehre, 1; Röntgentechnische und spektroskopische Übungen: Roh- und Werkstoffprüfung, 3; Selbständige Arbeiten im Röntgenlaboratorium, tägl. — **Fleischer:** Wehrphysik, 2. — **Frieser:** Reproduktionstechnik, 1, Übungen, 2; Einführung in die Photochemie, 1; Kinematographisches Praktikum (mit Joachim), 2; Photographisches Praktikum I für Anfänger, 4, II für Fortgeschrittene, 4, III: Spezielle Arbeitsmethoden in der Photographie: Farbenphotographie, Stereophotographie usw., 4; Selbständige Arbeiten im Photographischen Institut, 2, 4, halb- und ganztägig; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Photographie, 1 *g*. — **Klughardt:** Einführung in die praktische Optik I: Ausbildungslehre, Strahlenbegrenzung, Fernrohre, Mikroskope, 2, Ergänzungen, 1; Optische Werkstattkunde, 1; Selbständige Arbeiten in praktischer Optik, tägl. — **Joachim:** Wissenschaftliche und technische Grundlagen der Kinematographie, 1 *g*. — **Goldschmidt:** Allgemeine Meteorologie I, 2. — **Günther:** Geschichte des mathematisch-physikalischen Unterrichts, dabei Geschichte der Schulmathematik und Schulphysik, 2 *g*; Praktisch-pädagogisches Seminar, Praktische Pädagogik, Mathematisch-physikalische Unterrichtslehre, 2 *g*. —

Universität Erlangen. Hilsch: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 3, Ergänzung, 1 *g*; Physikalische Übungen für Mediziner, 2, für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, 24; Wissenschaftliche Arbeiten, 40; Kolloquium über neuere physikalische und physikalisch-chemische Arbeiten (mit Hönl, Lange und Rumpf), 1 *g*. — **Hönl:** Theoretische Optik, 3, Übungen, 1; Atomtheorie II: Wellenmechanik, 2. — **Rump:** Strahlenkunde für Mediziner, 1. —

Universität Frankfurt a. M. **Czerny:** Experimentalphysik: Elektrizität und Optik, 3, Ergänzungen, 1; Physikalisches Kolloquium (mit Madelung und Dänzer), 14tägig, 2; Physikalisches Praktikum, für Physiker, 6, für Mediziner, 2, für Chemiker und andere Naturwissenschaftler, 4, für Fortgeschrittene, 8; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten (mit Dänzer), tägl. — **Dänzer:** Höhere Experimentalphysik: Atomphysik, 3; Physikalisches Praktikum für Pharmazeuten, 2. — **Schulz:** Optische Meßmethoden, 1; Optisches Rechnen, 1. — **Madelung:** Elektrodynamik, 4, Übungen, 1; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Seddig:** Physik der Nachrichtenmittel, 2; Praktikum für angewandte Physik, 3; Kleines elektrotechnisches Praktikum (mit O. Schäfer), 3 und 6; Großes elektrotechnisches Praktikum (mit O. Schäfer), halbtägig; Kolloquium über angewandte Physik (mit O. Schäfer), 14tägig, nach Verabredung; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten (mit O. Schäfer), tägl.; Photographisches Praktikum, 4, 8 und tägl. — **O. Schäfer:** Wechselstromtechnik II: Generatoren und Transformatoren, 3; Elektronenröhren, 1. — **Rajewsky:** Theoretische Grundlagen der biologischen Strahlenwirkungen, 1; Medizinische Strahlenheilkunde (mit Holfelder), $1^1/_2$; Biophysikalisches Kolloquium (mit H. Schaefer und Krebs), 2; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten (mit H. Schaefer), ganz- und halbtägig; Biophysikalisches Seminar: Biologische Strahlenwirkungen (mit H. Schaefer), 14tägig, 2; Seminar über die Radiumbalneologie (mit Krebs), 14tägig, 2. — **H. Schaefer:** Ultrakurzwellen: Physik, Technik und medizinische Anwendungen, 1. — **Krebs:** Technik und Anwendung der Wilsonkammer, 1. — **Linke:** Meteorologische Meßmethoden, 2; Luft- und Wetterwellen, 1; Meteorologische Übungen (mit Möller), 2; Meteorologisch-geophysikalisches Kolloquium (mit Baur und Möller), nach Vereinbarung; Leitung selbständiger Arbeiten, tägl. — **Möller:** Theoretische Meteorologie, 4; Wetterbesprechungen, 1; Leitung selbständiger Arbeiten, halbtägig. —

Universität Freiburg i. Br. **Steinke:** Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Wellenlehre, 4, Ergänzung, 1, Übungen, 2; Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler, Anfänger, 6, für Pharmazeuten, 2; Maschinentechnisches Praktikum, 6; Handfertigkeitsübungen, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. g; Physikalisches Kolloquium (mit Mecke), 14tägig, 1 g; Zeitschriftenkolloquium, 1 g. — **Sommermeyer:** Grundlagen der Quantenmechanik, 1. — **Mecke:** Theoretische Physik I: Mechanik, 4, Übungen und Seminar, 2 g; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. g. —

Universität Freiburg (Schweiz). **Dessauer:** Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 5, Ergänzungen, 1, Repetitorium und Übungen, 1; Einführung in die neuere Physik (Fortsetzung), 1; Kolloquium für Physik, 14tägig, 2; Physikalisches Praktikum, 4; Anfängerpraktikum für Naturwissenschaftler, 12; Praktikum und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Brasey:** Höhere Optik, 2; Physikalische Fragen für Anfänger, nach Vereinbarung. — **Pfluger:** Einführung in die theoretische Physik, 4; Einführung in die Quantentheorie, 2. —

Universität Gießen. **Cermak:** Experimentalphysik: Elektrizität und Optik, 4; Physikalisches Praktikum, 6 und 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Bechert und Fünfer), 14tägig, 2; Experimentalphysik für Fortgeschrittene: Elektrizitätsleitung in Gasen, 2; Handfertigkeitspraktikum, 3; Seminar für Lehramtskandidaten, 2; Meteorologie: Physikalische Grundlagen der Meteorologie, 1. — **Fünfer:** Technische Anwendungen der Atomphysik, 2. — **Bechert:** Atomtheorie, 3, Übungen, 2. — **Lihotzky:** Grundlagen der Berechnung optischer Abbildungssysteme, 1 g. —

Universität Göttingen. **Pohl:** Experimentalphysik I: Mechanik, Schwingungslehre, Wärme; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten; Physikalisches Kolloquium (mit Becker, Joos und Reich). — **Hilsch:** Experimentalphysik II, für Mediziner I. — **Joos:** Physikalisches Praktikum, für Mediziner (mit Hanle), Erläuterungen, g; Anleitung zu selbständigen Arbeiten. — **Hanle:** Kernphysik II. — **Hellwege:** Molekül- und Kristallphysik. — **Becker:** Atomphysik; Seminar zur theoretischen Physik, g; Anleitung zu selbständigen Arbeiten. — **Döring:** Spezielle Probleme der theoretischen Physik, 1. — **Küstner:** Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Röntgenphysik, tägl.; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf physikalisch-medizinischem Grenzgebiet, tägl.; Physikalische Technik und Dosismessung der Röntgenstrahlen; Medizinische Strahlenkunde (mit Herlyn). — **Reich:** Angewandte Elektrizität mit Experimenten; Elektrophysikalisches Praktikum; Seminar über angewandte Elektrizität, g; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten. — **Glaser:** Glüh- und Photoelektrische Emission, g. — **Prandtl:** Hydrodynamik und Aerodynamik III, 4; Besprechung von Fragen der angewandten Mechanik (mit Betz, Schuler und Schultz-Grunow), 2; Anleitung zu selbständigem Arbeiten auf dem Gebiet der Strömungslehre. — **Betz:** Reibungsschichten; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten. — **Schuler:** Mechanik, Praktikum; Seminar über Fragen der angewandten Mechanik, 2 g; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der angewandten Mechanik. — **Schultz-Grunow:** Höhere Festigkeitslehre. — **Angenheister:** Einführung in die Geophysik, 2; Geophysikalisches Praktikum, 3; Allgemeine Klimakunde, 2, Übungen, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. —

Universität Graz. **Rumpf:** Gasentladungen und Röntgenstrahlen, 2; Physikalische Übungen für Anfänger I, 4, II, 6; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Matossi), 10; Besprechung physikalischer Fragen (mit Matossi, Wessel und Székely), 1. — **Matossi:** Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Atomphysik, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Elektrizitätslehre, 2; Geometrische Licht- und Elektronenoptik, 1. — **Székely:** Erzeugung der Elektronen und ihre Verwendung in der Praxis, 2. — **Leitinger:** Übungen in der Anstellung physikalischer Schulversuche, 3. — **Wessel:** Theorie der Elektrizität, 4, Übungen, 2; Wellenmechanik, 2; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2; Anleitung zu selbständigen theoretisch-physikalischen Arbeiten, tägl. — **Wegener:** Ergänzungen zu der Vorlesung über Meteorologie, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Geophysik, 2. — **Letzmann:** Aerologie, 2; Die Nordlichterscheinungen, 1. —

Universität Halle. **Kast:** Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 3, Ergänzung, 2; Technische Elektrizitätslehre II: Hochfrequenz, 1;

Physikalische Übungen für Naturwissenschaftler, 6; Physikalisches Praktikum für Mediziner, 2; Technisch-physikalische Übungen, 6; Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Smekal), 14tägig, 2. — **Smekal:** Elektromagnetismus, 4, Übungen, 1 *g*; Diffusion und Ionenleitung in Festkörpern, 1; Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten, tägl.; Seminar für theoretische Physik, 2. — **Rexer:** Physik der Kunststoffe, nach Vereinbarung. — **Faessler:** Radioaktivität, 2. —

Universität Hamburg. Koch: Experimentalphysik II: Wärme und Elektrizität, $5^1/_4$; Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler und Meteorologen (mit Goos, Meyer und Müller), 4, für Mediziner, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen (mit Tams, Goos und Meyer), tägl. — **Goos:** Spektroskope höchster Auflösung und spektroskopische Methoden, 1. — **Lenz:** Elektrodynamik bewegter Medien, 1; Optik mit Übungen, 4. — **Meyer:** Ergänzungen zur Experimentalphysik, $^3/_4$; Physikalisches Kolloquium (mit Harteck und Möller), 2. — **Müller:** Anleitung zur Ausführung von physikalischen Schulversuchen, 2. — **Möller:** Elektronenröhren, 1; Elektronik, mit Versuchen, 2, Übungen, 1; Physikalisch-technisches Kolloquium (mit Hagen), 2; Elektrotechnisches Praktikum, 10; Selbständige Arbeiten Fortgeschrittener (mit Hagen und Döhler), tägl. — **Raethjen:** Meteorologisches Anfängerkolloquium, 2; Einführung in die Meteorologie II, 2; Meteorologisches Instrumentenpraktikum (mit Wichmann), 3; Besprechung meteorologischer Arbeiten und Probleme, 2; Geophysikalisches Kolloquium (mit Kleinschmidt, Schulz, Tams, Kuhlbrodt, Errulat und Seilkopf), 14tägig, 2. — **Kleinschmidt:** Meteorologische Instrumentenkunde, 2. — **Kuhlbrodt:** Anleitung zu klimatologischer Arbeit, nach Vereinbarung. — **Semmelhack:** Kolonialklimatologie: Deutsch-Ostafrika, mit Übungen, 1. — **Tams:** Die Konstitution des Erdkörpers, 2; Seismische Übungen, 2; Seminar über die Physik der festen Erde, 14tägig, 2. — **Errulat:** Erdmagnetismus I, 1. — **Jensen:** Die Probleme der Sonnen- und Himmelsstrahlung, 1. —

Technische Hochschule Hannover. Hase: Experimentalphysik, 3. — **v. Meyeren:** Physikalisches Praktikum (mit Hinzpeter), 4 und 6; Arbeiten im Laboratorium für Fortgeschrittene, halb- und ganztägig; Aufbau der Materie I, 2; Elektrodynamik, 3, Übungen, 1. — **Hinzpeter:** Physik für Tierärzte: Elektrizität, Optik, mit Experimenten, 4. —

Universität Heidelberg. Becker: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 3; Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler, 6, für Mediziner und Zahnmediziner, 3; Selbständige physikalische und physikalisch-technische Arbeiten, tägl., außer Sonnabend; Physikalisches Seminar (mit Wesch), 14tägig, 2; Physikalisches, physikalisch-chemisches, mathematisches Kolloquium (mit Wesch, Fischbeck, Wegner und Fleischmann), 14tägig, 2. — **Wesch:** Theorie der Wärme, 3; Radiologie: Elektronen und Ladungsträger, Erzeugung, Eigenschaften und Anwendung, 2; Funktechnik: Funkwellen, Eigenschaften und Anwendung, 1; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Fleischmann:** Atomspektren, 1. — **Stehberger:** Physikalische Meßtechnik I: Meßverfahren auf mechanischer Grundlage, 1. — **Bothe:** Kolloquium über naturwissenschaftlich-medizinische Arbeiten (mit Kuhn), 14tägig, 1 *g*. — **Peppler:** Grundlagen der Wettervorsage: Synoptische Meteorologie, $1^1/_2$. —

Universität Innsbruck. Lerch: Physik II, 3, Ergänzung, 2; Physikalisches Praktikum (mit Tagger), 6; Wissenschaftliche Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Steinmaurer), 10. — **March:** Theorie der Elektrizität, 5; Seminarübungen, 2. — **Sonvico:** Wechselstromtechnik, 2 *g*. — **Tagger:** Theorie und Praxis elektrischer Meßinstrumente, 3. — **Steinmaurer:** Optik, 3. — **Oberguggenberger:** Einführung in die sphärische Astronomie, 5. — **Wagner:** Einführung in die Geophysik, 5; Besprechung neuerer Arbeiten, 1; Wissenschaftliche Arbeiten Fortgeschrittener, 10. —

Universität Jena. Kulenkampff: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, Optik, 4 und 3; Physikalisches Praktikum für Mathematiker und Physiker (mit Wißhak), 6, für Chemiker und Pharmazeuten, 3, für Mediziner (mit Raether und Wißhak), 2., für Fortgeschrittene (mit Raether), 10; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten (mit Hettner und Raether), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Kühl, Hettner und Goubau), 2 *g*. — **Hettner:** Theorie der Elektrizität, mit Übungen, 4; Elastizitätstheorie und Strömungslehre, 2; Theoretisch-physikalisches Seminar für Fortgeschrittene, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen theoretisch-physikalischen Arbeiten, tägl. — **Wißhak:** Experimentalphysik für Fortgeschrittene III: Elektrizitätslehre, 2; Handfertigkeitspraktikum, 3. — **Raether:** Die Schwingungsvorgänge in den verschiedenen Gebieten der Physik (mechanische, akustische, elektrische usw.), 1. — **Goubau:** Ausgewählte Kapitel der technischen Physik: Elektronenröhren, Gasentladungsröhren, technische Akustik, $2^3/_4$; Technisch-physikalisches Praktikum, 3; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Technisch-physikalisches Seminar, nach Vereinbarung *g*. — **Kühl:** Wellenoptik I: Reflexion, Brechung, Polarisation, Interferenz, Beugung im homogenen durchsichtigen Medium, 4; Praktikum der optischen Untersuchungsmethoden, 4; Mikroskopisches Praktikum, 2; Optisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*; Leitung selbständiger Arbeiten, tägl. — **Rzymkowski:** Stereophotographie, mit Übungen, 1. — **Sieberg:** Angewandte Erdbebenkunde, 1 *g*; Erdbebenkundlich-bodenmechanisches Praktikum, nach Vereinbarung *g*; Anleitung zu selbständigen erdbebenkundlichen Arbeiten, tägl. *g*; Erdbebenkundliches Kolloquium, *g*. — **M. Müller:** Besprechung praktisch ausgeführter geoelektrischer Messungen, 1 *g*. — **Meißer:** Geophysikalisches Praktikum: Einführung in die Instrumentenkunde der angewandten Geophysik (mit Müller und Martin) 2 *g*, Allgemeine geophysikalische Untersuchungsmethoden, 2 *g*. —

Technische Hochschule Karlsruhe. Bühl: Experimentalphysik A: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 5, für Bauingenieure, 3; Kleines physikalisches Praktikum für Physiker und Chemiker, 6; Physikalisches Praktikum für Physiker, 8, Oberstufe (mit Volkmann), für Vermessungsingenieure, 2, für Ingenieure, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im physikalischen Institut, nach Vereinbarung; Physikalisches Kolloquium (mit Wolf und Volkmann), 1 *g*. — **Wolf:** Theoretische Physik C: Wärme und statistische Physik, 4; Atomistik elektrischer Erscheinungen, 1, Übungen, 2 *g*; Physikalisches Seminar, 1 *g*; Physikalisches

Praktikum: Oberstufe, halbtägig; Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten, nach Vereinbarung. — **Volkmann:** Ballistik, 2; Einführung in das physikalische Praktikum, 1; Seminar über Experimentalphysik, 1. — **Peppler:** Allgemeine Meteorologie, 3. —

Universität Kiel. **Kopfermann:** Experimentalphysik II: Elektrizitätslehre und Atomphysik, $2^1/_4$; Zusatzvorlesung, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, nach Vereinbarung, für Fortgeschrittene, 4; Forschungsarbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Unsöld und Lochte-Holtgreven), $1^1/_2$ *g*. —

Universität Köln. **Kirchner:** Experimentalphysik: Mechanik, Elektrizität, 4, für Mediziner, 3; Physikalisches Praktikum (mit Hiedemann), 7, für Mediziner, 3, für Fortgeschrittene (mit Försterling und Malsch), 7; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Försterling und Malsch), 2. — **Neuert:** Einführung in die Kernphysik, 2. — **Försterling:** Optik, 4; Wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Malsch:** Technische Optik, einschließlich Elektronenoptik, 2; Musikalische Akustik, 1; Technisch-physikalisches Praktikum, 7; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Technisch-physikalisches Seminar, 1 *g*. — **Hiedemann:** Einführung in die Theorie der Schwingungen, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Eerg:** Allgemeine Meteorologie und Aerologie, 2; Kolloquium über neuere meteorologische Arbeiten, 1. —

Universität Königsberg. **Schütz:** Experimentalphysik I, 3; Physikalisches Praktikum (mit Block), für Anfänger, 6 und 3, für Pharmazeuten, 4, für Medizinier, 2. — **Sauter:** Differentialgleichungen der theoretischen Physik, 4, Übungen, 2 *g*; Grundlagen der theoretischen Physik, 2; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Kretschmann:** Vorlesungen über theoretische Physik, 4, Übungen 1 *g*. — **Reichenbächer:** Molekülspektren, 2. — **Lettau:** Mechanik und Thermodynamik der Atmosphäre, 2; Atmosphärische Turbulenz, 1; Einführung in die allgemeine Geophysik, 1; Meteorologisches Kolloquium, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*. —

Universität Leipzig. **Hoffmann:** Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Licht, 5, für Mediziner, 3; Höhere Physik, 1; Physikalisches Praktikum, 3, 6 oder 9, für Mediziner, 2, für Fortgeschrittene, 9; Selbständige physikalische Arbeiten, nach Vereinbarung; Seminar über die Arbeiten des Instituts, nach Vereinbarung *g*; Physikalisches Kolloquium (mit Heisenberg), $1^1/_2$ *g*. — **Heisenberg:** Theoretische Physik II: Wärmelehre, 4, Übungen, 1; Seminar über die Struktur der Materie (mit Hund), 2 *g*; Selbständige theoretisch-physikalische Arbeiten (mit Hund), nach Vereinbarung. — **Hund:** Einführung in die mathematische Behandlung der Physik, mit Übungen, 5; Quantentheorie, mit Übungen, 3. — **Schiller:** Einführung in die Hydro- und Aerodynamik, 2; Strömungs- und wärmetechnisches Praktikum für Fortgeschrittene, 9; Selbständige Arbeiten aus der technischen Strömungs- und Wärmelehre, nach Vereinbarung; Besprechung neuerer Arbeiten aus Strömungs- und Wärmelehre, nach Vereinbarung *g*. — **Karolus:** Elektronenröhren: Ausgewählte Kapitel, 2, Übungen, 3; Praktikum für Fortgeschrittene, 9; Selbständige Arbeiten aus der Elektrizitätslehre, nach Vereinbarung; Besprechung neuerer Arbeiten, nach Vereinbarung *g*. — **Döpel:** Natürliche und künstliche Radioaktivität, 2; Kernphysikalisches Praktikum, 3; Praktikum für Fortgeschrittene, 9; Selbständige Arbeiten aus der Strahlungsphysik, nach Vereinbarung. — **Möbius:** Röntgen- und Gammastrahlen, 2. — **Kaempf:** Photographie, einschließlich Farbenphotographie, 1. — **Weickmann:** Einführung in die Geophysik, 3; Stratosphäre, 2 *g*; Meteorologisches Instrumentenpraktikum, 10; Arbeiten im Geophysikalischen Institut und im Observatorium, tägl. —

Universität Marburg. **Grüneisen:** Experimentalphysik II, für Naturwissenschaftler und Pharmazeuten, 4, für Mediziner und Zahnmediziner, 3; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Hückel und Vogt), 6, für Pharmazeuten, 3, für Mediziner, 2, für Fortgeschrittene, 8; Physikalisches Praktikum für Geübte: Leitung wissenschaftlicher Arbeiten (mit Vogt), tägl. — **Hückel:** Theorie des Lichtes, 4, Übungen und Ergänzungen, 2. —

Universität München. **Gerlach:** Experimentalphysik: Optik, Elektrizität, $3^3/_4$, für Mediziner, $^3/_4$; Physikalische Übungen für Anfänger A, 4, B, 4, C, 4; Demonstrationspraktikum für Mediziner, 2; Physikalische Übungen für Pharmazeuten (mit Kappler), 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Rüchardt), tägl.; Übungen für Fortgeschrittene (mit Rüchardt), tägl.; Physikalisches Seminar (mit Rüchardt), $1^1/_2$. — **Müller:** Hydrodynamik und Aerodynamik, 4, Übungen, 2; Sondervorlesung, nach Vereinbarung; Theoretisch-physikalisches Seminar, 14tägig, nach Vereinbarung; Theoretisch-physikalisches Kolloquium, 14tägig, 1. — **Rüchardt:** Höhere Experimentalphysik mit Versuchen: Interferenz und Beugung des Lichtes, optische Geräte, $1^1/_2$. — **Auer:** Angewandte Physik: Elektrizität, Hochfrequenz, 1. — **Kappler:** Die Beugung von Röntgen- und Elektronenstrahlen, 2. — **Rollwagen:** Optische Meßmethoden, 1. — **Schmauß:** Wetterkunde II, 4, Ergänzungen, 1; Besprechungen für Fortgeschrittene, 14tägig, $1^1/_2$. —

Technische Hochschule München. **Tomaschek:** Experimentalphysik I, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Experimentalphysik, 1; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8, für Fortgeschrittene, halbtägig; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten (mit Deutschbein), tägl. — **Meißner:** Technische Physik III: Anwendungen der Mechanik und Akustik, einschließlich Elektroakustik, 3; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiet der technischen Physik, halb- oder ganztägig. — **Deutschbein:** Atombau und Spektralgesetze, 2. — **N. N.:** Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Elektrizität I, 4, II: Elektrizität II, Optik, 3; Angewandte Physik, einschließlich Elektrotechnik, 1, Übungen, 2; Physikalische Übungen für Landwirte, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus Physik. — **Ammann:** Kinematographie II, 1. —

Universität Münster. **Senftleben:** Experimentalphysik für Naturwissenschaftler: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, für Mediziner, 3; Höhere Experimentalphysik, 2; Physikalisches Praktikum, 3 oder 6, für Mediziner, 2, halb- oder ganztägig; Physikalisches Kolloquium (mit Kratzer), 2 *g*. — **Kratzer:** Elektrodynamik, mit Übungen, 6; Atomtheorie, 3; Theoretisch-physikalisches Seminar,

14tägig, 2 g. — **Siemens:** Ausgewählte Kapitel aus der Elektrotechnik, 2. —

Universität Prag. **Gudden:** Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, Atomphysik, 3, IV: Ausgewählte Abschnitte der Optik, 2; Technische Physik II: Trockengleichrichter, Photoelemente, Heißleiter usw., 2; Physikalische Übungen für Anfänger, 6, für Mediziner, 2, für Pharmazeuten, 3, für Fortgeschrittene, 15; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. g; Physikalische Übungen für Ingenieure, 2. — **Glaser:** Theoretische Physik II: Mechanik und Wärmelehre, nach Vereinbarung, Übungen, 2 g; Elektronentheorie der Metalle, 3; Seminar aus theoretischer Physik: Die historische Entwicklung der Mechanik nach E. Mach, mit Proben aus den Originalwerken, 2 g; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, 15 g. — **Schlomka:** Thermodynamik der Atmosphäre, 4; Meteorologisches Praktikum, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. g. —

Technische Hochschule Prag. **Gudden:** Physik I und II, 3, III und IV, 2; Technische Physik I und II, 2; Physikalische Übungen für Anfänger, 6, für Fortgeschrittene, 15. — **Glaser:** Theoretische Physik II: Wärmelehre und Atomphysik, 2; Quantentheorie: Grundlagen, Theorie der homöopolaren Bindung, Van der Waalssche Kräfte, 2; Höhere Mechanik und Optik, insbesondere Elektronenoptik (Fortsetzung), 3; Seminar aus theoretischer Physik über Ballistik (Fortsetzung), 3. —

Technische Hochschule Stuttgart. **Schmidt:** Grundlagen der Physik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 4; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 3, für Fortgeschrittene (mit Lenz), 3. — **Dehlinger:** Theoretische Physik: Elektrodynamik, 4; Theoretikum, 2; Kristallphysik und Kristallchemie der Metalle, 2; Wissenschaftliche Arbeiten (mit Kochendörfer). — **Kochendörfer:** Atomphysik, 2. — **Glocker:** Röntgentechnik, 1, Praktikum für Anfänger, 2. — **Schüle:** Technisch-physikalische Meßmethoden I, 2. — **Gösele:** Schall- und Erschütterungstechnik, 2, Übungen, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, halbtägig; Technisch-physikalisches Seminar (mit Schüle), 1. — **Findeisen:** Flugmeteorologie II, 14tägig, 2. —

Universität Tübingen. **Back:** Experimentalphysik II: Optik, Elektrizität, 4; Physikalische Übungen für Mediziner, 2, für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, 4 oder 8; Wissenschaftliche Untersuchungen, tägl. —

Universität Wien. **v. Schweidler:** Physik II; Übungen in Schulversuchen, 6; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener (mit Seidl und Herzog), tägl.; Besprechung neuerer Arbeiten, 1. — **Stetter:** Wärme und Molekularphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schintlmeister), 6, für Vorgeschrittene (mit Schintlmeister), 10; Einführung in wissenschaftliche Arbeiten, tägl.; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. — **Haschek:** Experimentalphysik II, 3; Farbenlehre und Farbmessung, 2; Physikalisches Praktikum für Mediziner (mit Schweidler), 2, für Chemiker, tägl., für Anfänger, 6. — **Ortner:** Radioaktivität und Kernphysik, 3; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener im Radiuminstitut, tägl. — **Flamm:** Mechanik der deformabeln Körper, 5; Seminar für theoretische Physik, 1; Proseminar, 1. — **Kirsch:** Einführung in die Physik II, 4; Physikalische Übungen, 4; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl.; Einführung in wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Sexl:** Kernphysik, 2. — **Bauer:** Partielle Differentialgleichungen der Physik, 3; Physikalische Rechenübungen, 1; Physikalische Statistik mit besonderer Berücksichtigung der Elektronentheorie der Metalle, 2; Ausgewählte Kapitel der Wehrphysik: Ballistik, Fluglehre und Schallmessung, 1. — **Sirk:** Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 4, Übungen, 2; Elemente der theoretischen Physik, 2. — **Seidl:** Röntgenstrahlen, 2. — **Karlik:** Die atomaren Konstanten, 1. — **Schintlmeister:** Verstärkerröhren, 2. — **v. Ficker:** Einführung in die Meteorologie, 3; Meteorologische Übungen, 2; Meteorologisches Konservatorium, 2. —

Technische Hochschule Wien. **Mache:** Elektrizität und Magnetismus, 3; Wärmelehre, 5; Physikalisches Praktikum I, 8; Die naturwissenschaftlichen Grundlagen unseres Weltbildes (mit Grengg und Weese), 1. — **Schober:** Strahlenoptik (Geometrische Optik), 2; Physik, 3; Ausgewählte Kapitel aus der optischen Instrumentenkunde (Photographische Optik VI), 2. — **Flamm:** Theorie der Elektrizität, 3; Physikalische Rechenübungen, 1. — **v. Ettenreich:** Elektrische Entladungen in Gasen, 2. — **Bauer:** Quantentheorie und Wellenmechanik des Atoms, 2; Wellenmechanische Theorie der Bandenspektren, 2. — **Hofbauer:** Kälteerzeugung, Vorrichtungen und physikalische Grundlagen, 2. —

Universität Würzburg. **Harms:** Experimentalphysik: Elektrizität und Optik, 3, für Fortgeschrittene, 2; Physikalische Übungen, 6 und 3, für Fortgeschrittene, halbtägig, für Mediziner, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, täglich. — **Ott:** Einführung in die theoretische Physik, einschließlich Vektorrechnung, 4, Übungen, 1. —

Universität Zürich. **Meyer:** Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, Ergänzung, 1; Seminar (mit Bär und Zuber), 2 g; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 3½, für Vorgerücktere, halbtägig; Physikalisches Praktikum: Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Wentzel, Bär und Zuber), 2 g. — **Wentzel:** Theorie des Lichtes, 4; Elektronentheorie, 1; Quantenstatistik, 1; Theoretisch-physikalisches Proseminar: Übungen zur Optik, 1, Seminar (mit Stueckelberg), 2 g. — **Bär:** Übungen im Demonstrieren von Schulexperimenten, 2, Theoretische Ergänzungen, 1. — **Ratnowsky:** Tensoranalysis, 2. — **Zuber:** Ausgewählte Kapitel aus der Optik, 1; Repetitorium der Experimentalphysik, 1. — **Lugeon:** Allgemeine Meteorologie mit Rücksicht auf das Flugwesen, 2; Übungen in praktischer Meteorologie, 1. —

Technische Hochschule Zürich. **Scherrer:** Physik I: Mechanik, Wellenlehre, Optik, 4, Übungen, 1 und 2; Atomphysik für Ingenieure, 2; Seminar über aktuelle Probleme der experimentellen Physik, 2; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4 und 8, für Fortgeschrittene, 8, 12 und 24; Physikalisches Kolloquium (mit Pauli), 2; Selbständige Arbeiten in Physik, 8, 12 und 24. — **Pauli:** Optik und Elektronentheorie, 3, Übungen, 1; Wellenmechanik, 2; Wissenschaftliche Arbeiten in theoretischer Physik, tägl. — **Tank:** Experimentalphysik: Mechanik und Elektrizität, 3, Übungen, 1; Technische Optik, 2; Hochfrequenztechnik II, 2, Prak-

tikum, 3, 6 und 12. Diplomarbeiten; Selbständige Arbeiten auf dem Gebiete der Hochfrequenztechnik, 8, 12 und 24. — **Fischer:** Probleme des Fernsehens, 2; Leitung selbständiger Arbeiten für technische Physik, tägl. — **E. Brandenberger:** Materialprüfung mit Röntgenstrahlen, 2. — **Busch:** Kurs für Feinmechanik, 2. — **H. Favre:** Mechanik II, 4, Übungen, 3, Kolloquium, 1; Höhere Festigkeitslehre, 2. — **Gaßmann:** Angewandte Geophysik, 2; Geophysikalische Übungen, 3. — **Lugeon:** Allgemeine Meteorologie mit Rücksicht auf das Flugwesen, 2. — **Oßwald:** Architekturakustik mit Schallisolation, 2; Leitung selbständiger Arbeiten für Akustik, tägl. — **Rüst:** Photographie I, 2; Kinematographie, mit besonderer Berücksichtigung des Schmalfilms, 1; Photographisches Praktikum, 2; Photographisches Vollpraktikum, tägl. — **Sänger:** Oberflächeneigenschaften, 2; Technische Probleme des Artillerienachrichtendienstes, 1. — **Waldmeier:** Theoretische Astrophysik, 1 *g*; Der Bau des Universums, 1; Selbständige astrophysikalische Arbeiten, tägl. — **Zeller:** Photogrammetrie II: Luftphotogrammetrie, 2, Übungen, 2; Geodätisches Praktikum (mit Baeschlin), 2; Leitung selbständiger Arbeiten. — **Ziegler:** Mechanik II, 4, Übungen, 3; Kolloquium, 1. —

Nachrichten

Neue Deutsche Norm. Der Deutsche Normenausschuß hat folgende Norm neu herausgegeben (Beuth-Vertrieb, Berlin SW 68; Stückpreis —,75 RM, ausschließlich Versandkosten): Physikalische Grundlagen. DIN 1343 Normtemperatur, Normdruck, Normzustand (Träger: Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen AEF).

Zehnter (wissenschaftlicher) Wettbewerb der Gesellschaft für Zeitmeßkunde und Uhrentechnik E.V. Zwei Arbeiten wurden mit einem Preis von je 250 RM. bedacht: a) Dipl.-Ing. E. Tritschler, Chemnitz, „Stroboskopische Zeitwaage mit ortsveränderlicher Lichtblitzquelle". Die Arbeit enthält eine kurze Übersicht über bisher bekannte Zeitwaagen und die Beschreibung der neuen Zeitwaage. Diese besteht aus einem von einem Synchronmotor angetriebenen Kontaktwerk, das von einem stimmgabelgesteuerten Röhrengenerator gespeist wird und seinerseits eine Glimmlampe steuert, die als Lichtblitzquelle dient. Weiter sind die Wirkungsweise der Zeitwaage und das Beobachtungsverfahren beschrieben. b) Vermessungsassessor Dipl.-Ing. E. Müller, Berlin, „Über die gebräuchlichsten Uhrvergleiche ohne Registrierung für astronomisch-geodätische Zwecke". Diese Arbeit enthält: A. Die Grundlagen der Uhrvergleiche (Vergleiche mit Zeitsignalen, Koinzidenzsignalen, durch Chronographen); B. Genauigkeit der Uhrvergleiche; C. Die Beschreibung des „Uhrstandmessers", eines neuen Hilfsgerätes für Uhrvergleiche; Beobachtungsverfahren mit dem neuen Gerät; Vor- und Nachteile; Genauigkeit; D. Schrifttumsnachweis.

Die wissenschaftlichen Wettbewerbe der Gesellschaft laufen alljährlich. Es stehen jeweils 2000 RM. für Preise zur Verfügung. Einreichungsschluß ist alljährlich der 1. April. Auskünfte gibt die Gesellschaft für Zeitmeßkunde und Uhrentechnik E. V., Berlin SW 68, Neuenburger Straße 8.

Dozenturen: An der Deutschen Technischen Hochschule Prag Dr. Erich Grünwald für theoretische Elektrotechnik, an der Deutschen Universität Prag Dr. Ernst Lammel für Mathematik, an der Technischen Hochschule Graz Dr. Fritz Borgnis für Grundzüge der Fernmeldetechnik, an der Universität Graz Dr. Hans Robert Müller für Mathematik, an der Universität Leipzig Dr. Kurt Wagenführ in Berlin-Friedenau für Rundfunk und Fernsehrundfunk, an der Deutschen Universität in Prag Dr. Otto Varga für Mathematik.

Ernannt: Der Dozent für physikalische Chemie für Hüttenkunde an der Technischen Hochschule Berlin Dr. Walter Baukloh zum außerplanmäßigen Professor daselbst, der a. o. Professor für Elektrizitätswirtschaft an der Technischen Hochschule Berlin Dr. Willi Willing zum ord. Professor ebenda, der Dozent für anorganische Chemie an der Universität Frankfurt a. M. Dr. Robert Klement zum a. o. Professor daselbst, der ord. Professor an der Deutschen Technischen Hochschule Brünn Dr. Armin Schoklitsch zum ord. Professor für Wasserbau, Meteorologie und Klimatologie an der Technischen Hochschule Graz, der Honorardozent für Mikroanalyse und qualitative Analyse an der Technischen Hochschule Wien Dr. Robert Strebinger zum außerplanmäßigen Professor ebendaselbst, der Dozent für chemische Technologie der Metalle an der Technischen Hochschule Wien Dr. Moritz Niessner zum außerplanmäßigen Professor daselbst, der Dozent für physikalische Chemie und chemische Technologie an der Universität Berlin Dr. Georg R. Schultze vertretungsweise für den Professor für chemische Technologie an der Technischen Hochschule Braunschweig, der Dozent für Chemie an der Universität Berlin und Abteilungsleiter am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie Dr. Otto Erbacher zum außerplanmäßigen Professor daselbst, der Dozent für anorganische und analytische Chemie an der Universität Göttingen Dr. Josef Goubeau zum außerplanmäßigen Professor ebendaselbst, der a. o. Professor an der Technischen Hochschule Karlsruhe Dr. Wolfgang Haack zum ord. Professor für Mathematik und Geometrie daselbst.

In den Ruhestand: Der ord. Professor der technischen Chemie an der Technischen Hochschule Berlin Dr. Leo Ubbelohde.

Gestorben: Der Professor für Chemie und Geschichte der Naturwissenschaften Dr. Edmund v. Lippmann in Halle, der frühere ord. Professor der anorganischen Chemie an der Technischen Hochschule Berlin Geh. Regierungsrat Dr. Karl Andreas Hofmann, der frühere ord. Professor der Experimentalphysik an der Universität Bonn Geh. Regierungsrat Dr. Heinrich Kayser, der frühere a. o. Professor für Optik an der Universität Jena und Mitarbeiter des Zeißwerkes daselbst Dr. Moritz v. Rohr, Professor der Chemie und Fachmann auf dem Gebiete der Korrosion, Materialprüfung, Photographie usw. Dr. Otto Kröhnke in Berlin.

Gesuche

Physiker

zum alsbaldigen Eintritt gesucht. Bewerbung mit Lebenslauf und Zeugnisabschriften unter Kennwort P erbeten.

Chemisch-Technische Reichsanstalt, Berlin-Plötzensee

Verantwortlicher Schriftleiter: i. V. Dr. Ludwig Bewilogua, Berlin. — Für den Anzeigenteil verantwortlich: A. Plohmann, Leipzig. — Verlag S. Hirzel, Leipzig C 1, Königstr. 2. — Druck: Bibliographisches Institut AG., Leipzig. — Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste 3. — Printed in Germany.